

**Normalverlauf der Bandscheibendegeneration an der Lendenwirbelsäule  
in der Magnetresonanztomographie bei beschwerdefreien Patienten**

Timo Deml

Aus dem Institut für klinische Radiologie  
der Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. M. Reiser

**Normalverlauf der Bandscheibendegeneration an der Lendenwirbelsäule  
in der Magnetresonanztomographie bei beschwerdefreien Patienten**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Timo Deml  
aus Ulm  
2003

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Ludwig - Maximilians - Universität zu München

Berichterstatter : Priv. Doz. Dr. A. Stäbler

Mitberichterstatter : Prof. Dr. M. Müller-Gerbl  
Prof. Dr. W. Mutschler  
Priv. Doz. Dr. Ch. Müller

Dekan : Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der münd-  
lichen Prüfung : 10.04.2003

**Inhaltsverzeichnis**

	<b>Seite</b>
<b>1      Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1    Die Volkskrankheit Rückenschmerz	3
1.1.1   Krankheitsbild - Dorsopathie	3
1.1.2   Krankheitskosten	5
1.2    Stellenwert der MRT - Diagnostik bei Dorsopathien	7
1.3    Studienziele	9
<b>2      Hauptteil</b>	<b>11</b>
2.1    Patienten und Methoden	11
2.1.1   Patienten	11
2.1.2   Methoden	20
2.1.3   Untersuchungen	21
2.1.4   Statistik	28
2.2    Ergebnisse	29
2.2.1   Signalminderung	29
2.2.2   Bandscheibenform	46
2.2.3   Spinalkanalstenosen	60
2.2.4   Sequester	66
2.2.5   Rückenform	67
2.2.6   Lordosewinkel	72

## Inhaltsverzeichnis

<b>3</b>	<b>Diskussion</b>	<b>77</b>
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>85</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>87</b>
<b>6</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>91</b>
6.1	Abbildungsverzeichnis	91
6.2	Tabellenverzeichnis	95
6.3	Literaturverzeichnis	97
<b>7</b>	<b>Danksagung</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>108</b>

## **1 Einleitung**

### **1.1 Die Volkskrankheit Rückenschmerz**

#### **1.1.1 Krankheitsbild - Dorsopathien**

Unter dem Begriff der Dorsopathien werden gemeinhin die Krankheiten des Knochens, der Muskulatur, der Gelenke, Bindegewebe und der Nerven des Rückens zusammengefaßt. Diese äußern sich dann vor allem in Rückenschmerzen. Hierbei führen sowohl eine große Zahl der orthopädisch-rheumatologischen Erkrankungen als auch andere Erkrankungen, wie zum Beispiel bösartige Neubildungen, innere Erkrankungen, aber auch Erkrankungen des Rückenmarks, zu dem Symptom des Rückenschmerzes. Rückenschmerzen, die sich auf eine körperliche Erkrankung, wie zum Beispiel die Osteoporose, der Weichteilrheumatismus oder die Spinalkanalstenose beziehen lassen, als spezifische Rückenschmerzen bezeichnet. Die beiden ersten führen vor allem bei Frauen postmenopausal zu Beschwerden, die Spinalkanalstenose wird häufig für Rückenbeschwerden im höheren Lebensalter verantwortlich gemacht. Eine spezifische Ursache kann, laut des Gesundheitsberichts des Bundes von 1998, jedoch lediglich bei 20% der Patienten ausgemacht werden (31, 34). Bei 80% der Patienten mit Rückenschmerzen findet sich zur Zeit noch kein greifbares Korrelat.

Die Frage "Haben Sie heute Rückenschmerzen?" beantworteten 1990, anlässlich einer Studie für den Gesundheitsbericht in Lübeck und Bad Säckingen, knapp 40% mit "ja". Über stattgehabte Rückenschmerzen im vergangenen Jahr klagten über 70% der Befragten. Die Frage nach jemals erlebten Rückenschmerzen bejahten mehr als 80%.

Auffällig hieran war vor allem, daß jüngere Menschen genauso häufig wie ältere über jemals erlebte Rückenschmerzen berichteten. Die Abbildung 1 zeigt die Prävalenz der Rückenschmerzen bezogen auf das Jahr 1991.

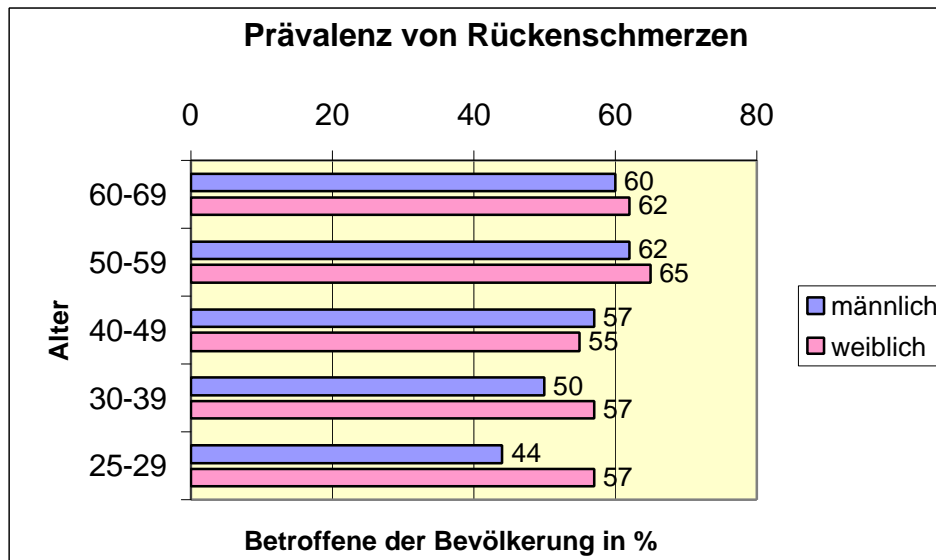


Abbildung 1: Prävalenz von Rückenschmerzen

Bei mehr als 90% klingen akut beginnende Rückenschmerzen recht rasch wieder ab. Lediglich die Beschwerden, die mit Ischiassymptomatik einhergehen, scheinen eine etwas schlechtere Prognose zu besitzen. Der dann folgende typische Verlauf wird durch ein beschwerdefreies Intervall, gefolgt von erneut auftretenden Beschwerden, gekennzeichnet. Der episodenhafte Verlauf wird im weiteren durch immer kürzer werdende Intervalle der Schmerzfreiheit charakterisiert. Das Endstadium sind dann häufig dauerhafte, das heißt tägliche, Rückenschmerzen.

Bei der Genese des Krankheitsbildes spielen sowohl genetische Faktoren (Bandscheibendegeneration) und physische Belastungen (am Arbeitsplatz) als auch psychische Faktoren eine Rolle (Gesundheitsbericht des Bundes 1998 (31)).

Im allgemeinen leiden Frauen etwas häufiger unter Rückenschmerzen als Männer. Bei der Arbeitsunfähigkeit und der frühzeitigen Berentung wegen chronischer Rückenschmerzen sind sie ebenfalls in der Überzahl. Unter den Männern ist der Anteil der Arbeiter höher als jener der Angestellten. Allgemein kommen diese Probleme bei beruflich schlechter ausgebildeten Menschen häufiger vor, was unter anderem auf die höheren Belastungen bei häufig schwerer körperlicher Arbeit zurückgeführt wird. Dies geht aus dem Gesundheitsbericht des Bundes (31) als auch aus Studien von Bolten (32) und Pförringer (33) hervor.

### **1.1.2 Krankheitskosten**

Die gesellschaftliche Bedeutung einer Krankheit wird häufig anhand der von ihr verursachten volkswirtschaftlichen Kosten bemessen. Die Kenntnis der Kosten sind im Gesundheitswesen von Interesse, da man durch deren Kenntnis eine Verteilung der Geldmittel, inklusive Forschungsetat, planen kann.

Die errechneten Kosten teilen sich auf in:

- direkte Kosten  
Kosten der ärztlichen stationären oder ambulanten Behandlung, sowie der Heil- und der Arzneimittel
- indirekten Kosten  
Kosten die für die Volkswirtschaft durch den Verlust der Arbeitskraft entstehen (Arbeitsunfähigkeit, Frühberentung etc.)

In der Bundesrepublik Deutschland nehmen - laut Gesundheitsbericht des Bundes (34) - die jährlichen Ausgaben des Gesundheitssystem für Dorso-pathien immer weiter zu. 1994 betrugen die Gesamtausgaben des Gesundheitswesens in etwa 604 Milliarden DM. Der Anteil der direkten Krankheitskosten war hierbei 344,6 Milliarden DM, jener der indirekten Krankheitskosten belief sich auf etwa 260 Milliarden DM.



Die Verteilung direkter Krankheitskosten des Jahres 1994 sind in Abbildung 2 dargestellt. Auf die Krankheiten der Verdauungsorgane, des Bewegungsapparates, des Kreislaufes und der psychiatrischen Erkrankungen entfallen allein schon über die Hälfte der Kosten. Die Krankheiten der Verdauungsorgane stehen mit 54,6 Mrd. DM, das entspricht 16% der direkten Kosten, an erster Stelle. Hierbei ist noch zu vermerken, daß etwa 50% dieser Kosten allein auf die Zahnbehandlung und den Zahnersatz entfallen. Die Krankheiten des Bewegungsapparates nehmen hierbei mit 43,5 Mrd. DM, also 12,8% der Kosten, den zweiten Platz ein. In dieser Gruppe von Erkrankungen beanspruchen die Dorsopathien mit 46,3% (20,2 Mrd. DM) den größten finanziellen Betrag.

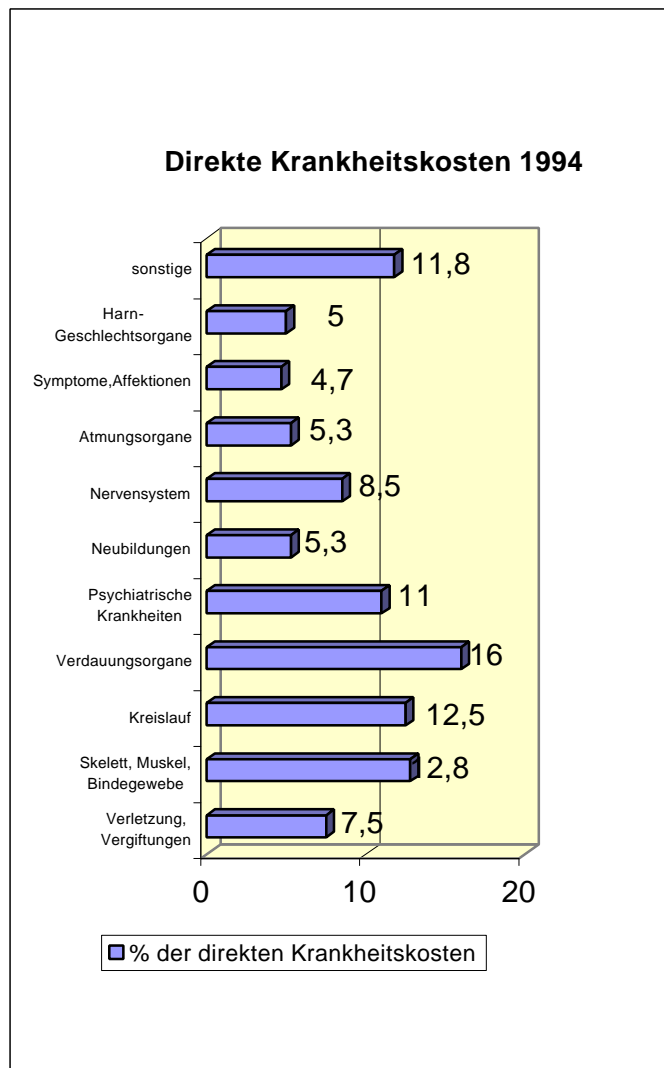


Abbildung 2: Direkte Krankheitskosten 1994

Die indirekten Kosten beliefen sich 1994 auf insgesamt 260 Milliarden DM. Die Krankheiten des Bewegungsapparates sind mit 15,7% hinter den Verletzungen der zweitgrößte Kostenfaktor.

Insgesamt wurden 1994 allein für Dorsopathien circa 13 Milliarden DM (circa 5% der Gesamtausgaben der indirekten Kosten) für indirekte Krankheitskosten aufgewendet (34).

Im einzelnen sind dies Kosten durch:

- Arbeitsunfähigkeit  
3,7 Mio. AU-Fälle mit insgesamt 75,5 Mio. AU-Tagen, dies entspricht 15% aller AU-Tage
- Berentung  
mit durchschnittlich 18-21% aller Berentungen nehmen die Berentungen durch Dorsopathien die erste Stelle ein.

### 1.2 Stellenwert der MRT- Diagnostik bei Dorsopathien

Von den Kosten, die durch Dorsopathien entstehen, wird auch ein gewisser Anteil durch radiologische Untersuchungen verursacht. In den Leitlinien für das diagnostische Vorgehen bei Patienten mit Dorsopathien stehen derzeit noch konventionelle Röntgenaufnahmen im Vordergrund. In der Praxis wird bei Patienten mit Rückenschmerzen primär ein konventionelles Röntgenbild angefertigt.

Der Einsatz der konventionellen Röntgenuntersuchung erbringt jedoch in weniger als 2% der Fälle therapeutisch verwertbare Informationen, dies geht aus dem Gesundheitsbericht des Bundes hervor (34). Weiterführende Informationen liefert in vielen Fällen, wegen der exakten Darstellung des Weichteilgewebes, eine Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). Sie entwickelt sich in letzter Zeit zunehmend zur Methode der Wahl in der Diagnostik des chronischen Rückenschmerzes. Auf der einen Seite durch die exakte

Darstellung des Weichteilgewebes auf der anderen Seite durch die fehlende Strahlenexposition des Patienten. Dies geht aus dem Gesundheitsbericht 1998 hervor (31, 34).

In zahlreichen Studien erwies sich die MRT-Diagnostik aussagekräftiger als die konventionellen Methoden (konventionelles Röntgen, CT, Myelographie) bei der Auffindung eines Korrelats für die Rückenschmerzen. Dies wurde unter anderem durch Studien von Dullerud (35), Kikuchi (36), Maravilla (38) und Gualdi (39) bestätigt. Die Magnetresonanz-Tomographie ist also von den bildgebenden Verfahren diejenige, die bei der Diagnostik der chronischen Rückenschmerzen noch am ehesten ein Korrelat aufzeigt. Trotzdem kann jedoch nur bei jedem fünften Patient mit chronischen Rückenbeschwerden überhaupt ein radiologisches Korrelat gefunden werden.

Auch eine MRT-Untersuchung ist eine kostenintensive Untersuchung. 1995 wurde eine MRT-Untersuchung der Wirbelsäule ohne Kontrastmittel von den gesetzlichen Kassen im Durchschnitt mit 499 DM vergütet (34). Dies ist eine große Summe im Vergleich zu konventionellen Röntgenaufnahmen oder auch dem CT (189 DM). Patienten ohne erlebtes Trauma werden jedoch häufig mehrfach geröntgt, zum Teil werden sogar mehrfach CT-Schichtaufnahmen durchgeführt. Dies führt zu einer Kumulation von Kosten für eine wenig effektive Diagnostik. Da weniger als 20% der Ursachen von Rückenschmerzen mit Röntgenaufnahmen und CT-Untersuchungen gefunden werden, sind diese Untersuchungen (v.a. CT) gegebenenfalls noch als ergänzende Untersuchung sinnvoll, nicht jedoch zur Primärdiagnostik (vgl. Gesundheitsbericht 1998; (31,34)).

### 1.3 Studienziele

Hintergrund der Studie war die große volkswirtschaftliche Bedeutung der Dorsopathien. Für das häufige Krankheitsbild "Rückenschmerzen" findet man konventionell-bildgebend nur selten ein Korrelat. Die MRT ist hierbei die sensitivste Methode. In der vorliegenden Studie haben wir die Prävalenz der Bandscheibendegeneration in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Bandscheibenhöhe im Bereich der Lendenwirbelsäule bei schmerzfreien Individuen untersucht. Ziel war es, gegebenenfalls bestehende Abhängigkeiten zwischen den Parametern festzustellen und darzulegen.

Wir untersuchten retrospektiv Patienten, bei denen nach Studium der Patientenakte kein Hinweis auf Rückenschmerzen vorlag und die aus anderen Gründen eine MRT-Untersuchung der Wirbelsäule erhalten haben. Die MRT-Bilder, wurden retrospektiv hinsichtlich dem Vorliegen von degenerativ veränderten Bandscheiben ausgewertet. Die erhobenen Daten sollten Aufschluß über den Verlauf der Bandscheibendegeneration unter verschiedenen Voraussetzungen geben. Desweiteren sollten Aussagen getroffen werden inwieweit degenerative Veränderungen bei schmerzfreien Patienten zu finden sind.

Im einzelnen wurde untersucht:

- der normale Verlauf und die Verteilung degenerativer Prozesse in lumbalen Bandscheiben. Als Kriterien der Bandscheibendegeneration wurden die Signalminderung und die Bandscheibenhöhe, herangezogen. Desweiteren wurden die Rückenform und die Lordosewinkel bestimmt.
- es wurde das Vorliegen von Bandscheibensequestern und Spinalkanalstenosen in den einzelnen LWS- Segmenten protokolliert.

- der Verlauf der Bandscheibendegeneration in Abhängigkeit vom Alter und in den verschiedenen Bandscheibenhöhen wurde herausgearbeitet und dargestellt.
- bei den einzelnen Rückenformen wurden getrennt voneinander die Bandscheibendegeneration im Alter und in den einzelnen Bandscheibenhöhen untersucht. Hierbei wurden spezifische Veränderungen der einzelnen Rückenformen gesucht.

## 2 Hauptteil

### 2.1 Patienten und Methoden

#### 2.1.1 Patienten

Zunächst wurden retrospektiv alle Patienten, die zwischen dem 01/01/1996 und dem 01/08/1999 eine magnetresonanztomographische Untersuchung der Lendenwirbelsäule am Kernspintomographen (Magnetom Vision, Siemens AG, 1,5 Tesla Feldstärke) erhalten haben, herausgesucht. Patienten, bei denen entweder chronische Rückenschmerzen oder eine Krankheit - die in den Ausschlußkriterien definiert war - vorlagen, wurden ausgeschlossen.

#### **Ausschlußkriterien**

Im Folgenden werden die Erkrankungen genannt, die zum direkten Ausschluß aus der Studie führten:

#### *Chronische Rückenschmerzen*

- der Zusammenhang zwischen chronischen Rückenschmerzen und der Bandscheibendegeneration wird in der Literatur kontrovers diskutiert. In unserer Studie sollten jedoch nur Patienten untersucht werden, bei denen kein chronifiziertes Schmerzsyndrom vorlag.

#### *ausgeprägte Skelettanomalien*

- hierunter fielen vor allem Patienten mit starker skoliotischer Fehlhaltung, Wirbelkörperfrakturen sowie Grund- und Deckplatteneinbrüchen, und Patienten mit nicht eindeutig auszuschließenden Übergangswirbeln.

### *Tumorstirbel und metastatischer Wirbelkörperbefall*

- Patienten mit MR-tomographisch nachweisbaren Tumorbefall von Wirbeln wurden auch bei Beschwerdefreiheit ausgeschlossen, da eine Bandscheibenbeteiligung und somit eine Bandscheibenveränderung hinsichtlich der Signalintensität, bei bestehenden Tumorbefall, nicht sicher auszuschließen ist.

### *Morbus Scheuermann im lumbalen Bereich*

- der Zusammenhang zwischen dem Morbus Scheuermann und der Bandscheibendegeneration wird in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben - so durch Stäbler (29) und Swischuk (30) - und führte somit vor allem bei vorliegenden Schmorl'schen Knoten zum Ausschluß.

### *erosive Osteochondrose*

- die erosive Osteochondrose geht mit Rückenschmerzen einher und entspricht einer symptomatischen Bandscheibendegeneration bei instabilem Bewegungssegment. Beim Vorliegen entsprechender Knochenmarksveränderungen erfolgte daher der Ausschluß.

### *infektiöse Spondylodiscitis*

- Patienten mit infektiöser Spondylodiscitis wurden ebenfalls ausgeschlossen, da hier i.d.R. Rückenschmerzen bestehen und eine Zerstörung der Bandscheibe vorliegt. Hierbei kommt es auch zu Signalintensitätsänderungen der Bandscheiben (Stäbler (28)).

Der Ausschluß von chronischen Rückenschmerzen konnte nur über die Patientenakten geschehen. Wenn dies wegen ungenügender Aktendokumentation schwierig war, wurden diese Patienten ausgeschlossen. Bei der Beurteilung von Skellettanomalien wurden auch konventionelle Röntgenaufnahmen herangezogen. Dies war zum Beispiel bei der Beurteilung und Unterscheidung von Übergangswirbeln gegenüber einer Osteochondrose erforderlich.

Die aufgeführten Krankheitsbilder können den Bandscheibenraum mitbeteiligen und erklären sich so als Ausschlußkriterium. Durch dieses Ausschlußverfahren reduzierte sich die Zahl der auszuwertenden Patienten von 1248 auf 300, d.h. 948 Patienten wurden ausgesondert.

### Zusammensetzung der Ausschlußgruppe

Die Hauptgründe für den Ausschluß aus der Studie sind in Abbildung 3 dargestellt. Wobei die Zahlen von 0-9 die jeweiligen Gründe darstellen, welche im einzelnen wären:

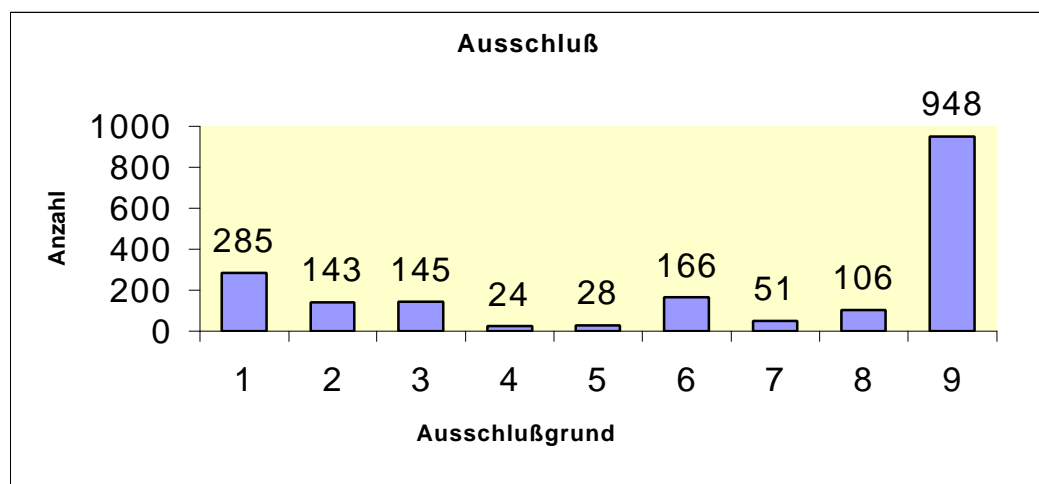


Abbildung 3: Zusammensetzung der Ausschlußgruppe

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1) Lumbales Schmerzsyndrom | 6) Tumor- oder Metastasenwirbel |
| 2) Skellettanomalien       | 7) lumbaler Morbus Scheuermann  |
| 3) Frakturen               | 8) Andere                       |
| 4) erosive Osteochondrose  | 9) Summe                        |
| 5) akute Spondylodiscitis  |                                 |

Hierbei wurde unter den Skellettanomalien die Skoliose (Wirbeldrehgleiten) und Übergangswirbel (sakralisierter LWK 5) zusammengefaßt.



Die Frakturen wurden weder nach Genese noch nach Alter unterteilt. Es wurden sowohl osteoporotisch bedingte Einbrüche als auch traumatisch bedingte Wirbelkörperfrakturen - ungeachtet ihres Alters - ausgeschlossen.

Unter dem Punkt 8 "Andere" sind Patienten zusammengefaßt, bei denen die Qualität der Bildgebung mangelhaft oder die lumbale Wirbelsäule nicht vollständig beurteilbar abgebildet war, oder die bereits eine Operation im Bereich der Lendenwirbelsäule hinter sich hatten.

### **Zusammensetzung der begutachteten Gruppe**

Nach dem Auswahlverfahren stand ein Kollektiv von 300 Patienten zur Verfügung. Die Zusammensetzung dieses Kollektivs hinsichtlich Geschlecht, Alter und Untersuchungsgrund ist aus Abbildung 4, 5, 6 und Tabelle 1 beziehungsweise 2 abzulesen.

<b>Männlich</b>	<b>Weiblich</b>
154	146

Tabelle 1: Zusammensetzung der Gruppe nach Geschlecht

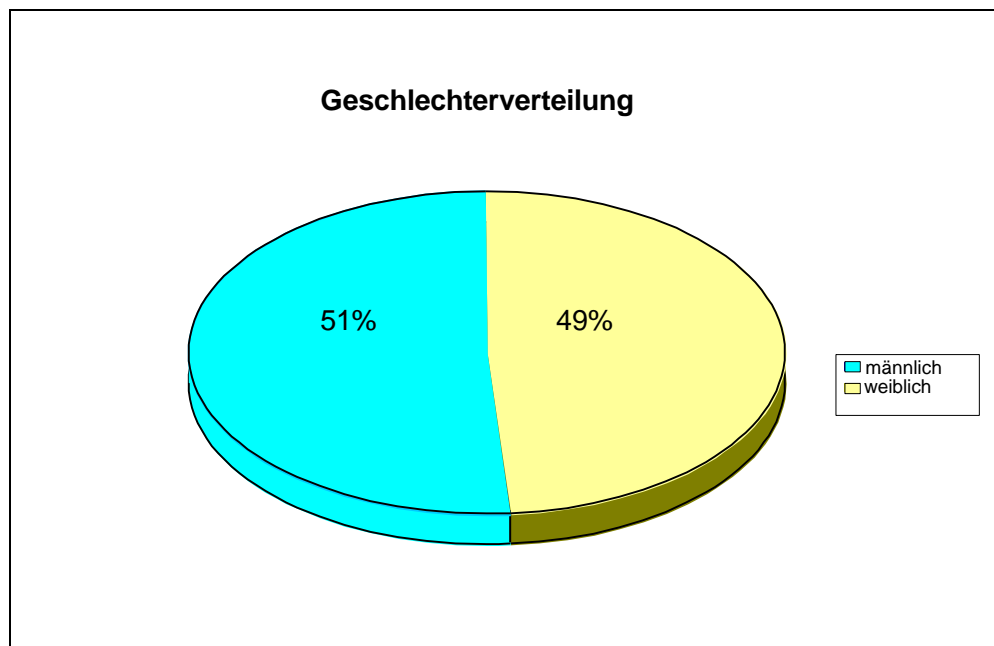


Abbildung 4: Geschlechterverteilung

In der Gruppe bestand ein fast ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. Der Anteil der Männer ist mit 51% nur geringfügig höher als jener der Frauen mit 49%. Die Altersverteilung stellte sich wie folgt dar:

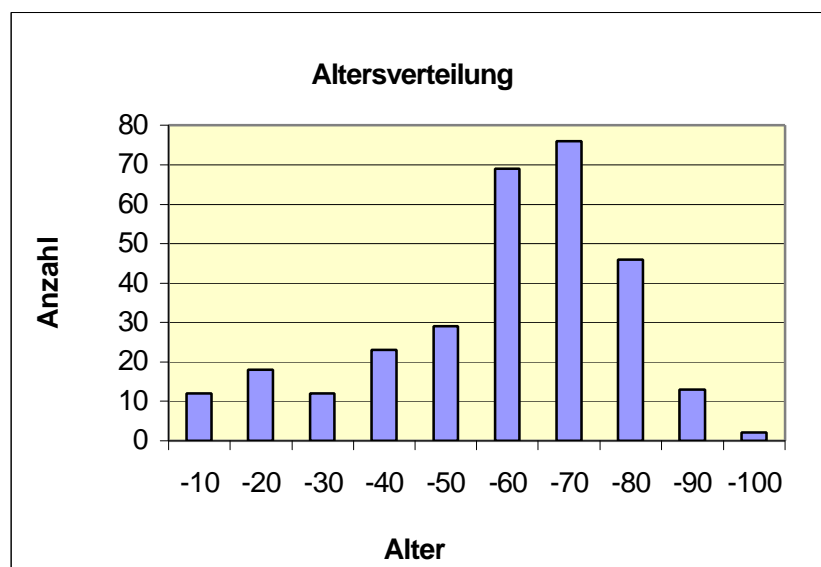


Abbildung 5: Altersverteilung, Auswertzeitpunkt 2000

## 2.1 Hauptteil - Patienten und Methoden

---

Hierbei fällt auf, daß in den Jahrgängen von 1920 - 1949 (51-80 Jahre) 191 Patienten untersucht wurden. Dies sind entsprechend 63,67% der Patienten insgesamt. Das durchschnittliche Alter der Studiengruppe betrug 54,7 Jahren. In der Tabelle 2 ist die Alters- und Geschlechtszusammensetzung in unserem Patientengut aufgezeigt.

Geburtsjahr	männlich	weiblich	gesamt	% der Gruppe
1900-1919	7	8	15	5
1920-1929	19	27	46	15,3
1930-1939	40	36	76	25,3
1940-1949	38	31	69	23
1950-1959	17	12	29	9,6
1960-1969	11	12	23	7,6
1970-1979	6	6	12	4
1980-1989	9	9	18	6
1990-1999	7	5	12	4

Tabelle 2: Alters- und Geschlechterverteilung unserer Gruppe

Ähnlich wie das Geschlechterverhältnis insgesamt, ergibt die Betrachtung der Geschlechterverteilung der unterschiedlichen Jahrgänge ein ähnliches Ergebnis (Abbildung 6).

Die Patienten wurden abhängig von ihrem Alter, siehe auch Abbildung 5, eingeteilt. Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Dekaden ist in Tabelle 2 und 2a abgebildet.

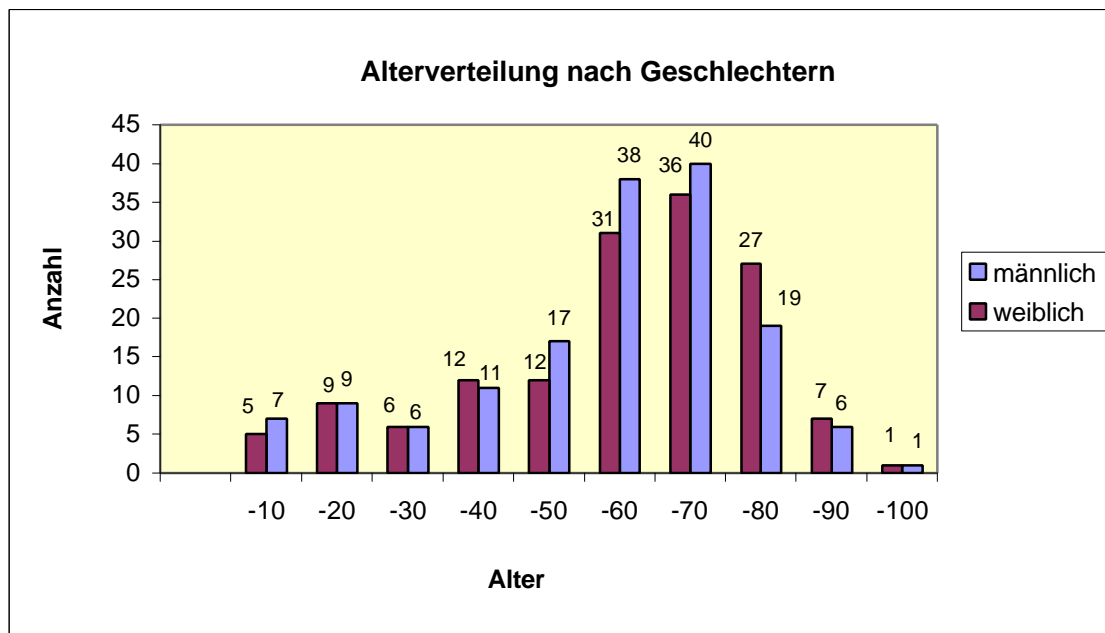


Abbildung 6: Geschlechtergetrennte Altersverteilung

Alter	Prozentualer Anteil	Patientenanzahl
>90	1%	2
-90	4%	13
-80	16%	46
-70	25%	76
-60	24%	69
-50	9%	29
-40	8%	23
-30	4%	12
-20	7%	18
-10	3%	12

Tabelle 2 a: Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Altersgruppen  
gesamt

Die geschlechtergetrennte Auswertung ergibt ähnliches.

Somit haben wir eine insgesamt sehr homogene Patientenzusammensetzung.

Alter	Patientenanzahl m/w	prozentualer Anteil m/w
>90	1/1	0,33% / 0,33%
-90	6/7	2% / 2%
-80	19/27	6% / 11%
-70	40/36	14% / 12%
-60	38/31	13% / 11%
-50	17/12	5% / 4%
-40	11/12	4% / 4%
-30	6/6	2% / 2%
-20	9/9	4% / 3%
-10	7/5	2% / 1%

Tabelle 3: Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Altersgruppen geschlechtergetrennt

Die Indikation zur MRT-Untersuchung bzw. die Befunde waren z.T. sehr unterschiedlich. Am häufigsten bestand der Verdacht auf ein Plasmozytom oder bei nachgewiesenem Plasmozytom sollte ein fokaler oder diffuser Knochenmarksbefall nachgewiesen werden (n=51, 17%). Auch der Ausschluß morphologischer Grundlagen bei neurologischem Defizit war eine häufige Fragestellung (n=48, 16%). Daneben waren Kontrolluntersuchungen bei Krebserkrankungen eine weitere große Gruppe; 20 Personen (7%) waren an Brustkrebs erkrankt, 16 (5%) litten an einem Lymphom, 20 (7%) hatten. Penis- oder Prostatakarzinome, 27 Leute (9%) hatten eine Fragestellung im Bereich der Brustwirbelsäule, 12 (4%) hatten den Verdacht auf eine Spinalkanalstenose. An einem Bauchaortenaneurysma waren ebenfalls 12 Patienten (4%) erkrankt. Vor allen bei 12 Kindern (4%) handelte es sich um den Ausschluß eines Tethered-Cord-Syndroms. Die restlichen 71 (24%) litten an anderen Krankheiten. Eine graphische und tabellarische Darstellung kann aus Tabelle 4 und Abbildung 7 entnommen werden.

Untersuchungsgründe	Patientenanzahl	Prozentualer Anteil
Plasmozytom	51	17%
Neurologisches Defizit	48	16%
Mamma-CA	20	7%
Tumorsuche	34	11%
Lymphome	16	5%
BWK-Probleme	27	9%
Bauchaortenaneurysma	12	4%
Spinalkanalstenose	12	4%
Tethered-Cord	8	3%
Andere	72	24%

Tabelle 4: Zusammensetzung der Gruppe nach Diagnose

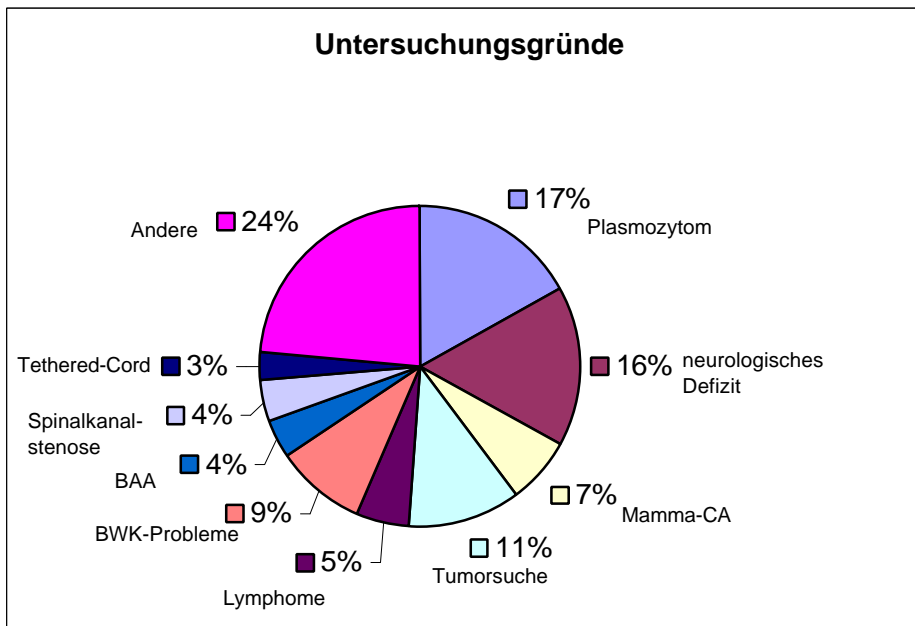


Abbildung 7: Zusammensetzung der Gruppe nach Diagnose

Von den selektionierten 300 Patienten wurden die MRT-Aufnahmen der Lendenwirbelsäule retrospektiv ausgewertet. Diese Studie, mit 1248 Patienten in der Vorauswahl von denen 948 ausgesondert und somit 300 Patienten ausgewertet wurden, ist die größte Studie zum Thema der Bandscheibendegeneration bei symptomlosen Individuen.

### 2.1.2 Methoden

Beurteilt wurden die T2 gewichteten sagitalen kernspintomographische Aufnahmen der LWS. Alle Aufnahmen wurden an einem 1,5 T Scanner (Magnetom Vision, Siemens AG, Erlangen) über einer Phase Array Wirbelsäulenspule durchgeführt. Bei unklaren Befunden wurden Fettsignal-unterdrückende STIR – Sequenzen verglichen. Die verwendeten Sequenzparameter waren für die T2 - gewichteten Aufnahmen (4000 ms/120ms- Repetitionszeit TR / Echozeit TE) und (4800/30/180 - Inversionszeit TI/TR/TE) für die STIR Sequenz. Die Befundung erfolgte durch zwei in der muskulo-skelettalen MRT- Diagnostik erfahrene Radiologen.

Die Bandscheibendegeneration wurde anhand des Wasserverlusts (Signalintensitätsminderung) in einer modifizierten Klassifikation nach Eyre (1) und anhand der Bandscheibenformveränderung in einer modifizierten Art nach Jensen (2) eingeteilt. Der Spinalkanal wurde auf das Vorhandensein von Stenosen oder Sequestern beurteilt. Auf eine weitergehende genauere Einteilung wurde hierbei verzichtet.

Darüber hinaus wurde die Rückenform und die einzelnen Winkel der Lendenwirbelkörper zueinander bestimmt. Dies ergab jeweils 5 Werte, die den Intervertebralraum näher beschreiben (Signal-minderung, Bandscheibenform, das Vorhandensein von Sequestern und/oder Stenosen und der Winkel der Wirbelkörper zueinander) und einen Wert, der die Architektur des Rückens näher definiert.

Im einzelnen erhoben wir folgende Befunde, die nachfolgend aufgezeigt werden.

### 2.1.3 Untersuchungen

#### Signalintensität der Bandscheibe

Mit der Magnetresonanztomographie ist es möglich den Wasserverlust in einem Gewebe zu erkennen. Dies macht man sich auch in der Einteilung der Bandscheibendegeneration zu nutze. Ähnlich wie bei Tertti (13) und auch Modic (3) wurde die Einteilung der Bandscheibendegeneration nach Eyre (1) modifiziert. Es erfolgte eine Einteilung von 0-5, also in 6 unterschiedliche Gruppen die von der jeweiligen Signalintensität bestimmt wurde.

0 = normal

1 = Cleft

2 = erkennbare Signalminderung

3 = deutliche Signalminderung

4 = Signalverlust

5 = Bandscheibenverlust

Die Stadieneinteilung ist in der Tabelle 5 nochmals dargestellt. Das Kollektiv umfaßte n = 300 Patienten (Durchschnittsalter 54,7 Jahre). Da in allen Fällen die gesamte Lendenwirbelsäule (LWK1/2 - LWK5/SWK1) zur Verfügung stand, wurden insgesamt 1500 Bandscheiben ausgewertet.

0	1	2	3	4	5
Normal	Cleft	Leichte SIM	Deutl. SIM	Signalverlust	BS-Verlust

Tabelle 5: Einteilung der Signalminderung der Bandscheiben

Der Cleft nimmt hierbei eine Sonderstellung ein. Es handelt sich hierbei um eine Signalintensitätsminderung zentral in der Bandscheibe. Bei Kindern kann der Cleft einen Normalbefund darstellen, Voraussetzung hierfür ist jedoch dass auch alle anderen Bandscheiben einen Cleft aufweisen. Als erstes Zeichen der Degeneration wird er dann gesehen wenn 4 Bandscheiben keinen Cleft aufweisen und eine Bandscheibe dies tut. Diese Einteilung und Bewertung des



Clefts wurde unter anderem auch von Aguila (4) und Modic (3) sowie Kakitsubata (37) so vorgenommen.

Zur besseren Veranschaulichung sind in den Abbildungen 8-13 jeweils Bandscheiben mit Einteilungen von 0 bis 5 exemplarisch dargestellt. Die Pfeile deuten auf die betroffene Bandscheibe mit dem jeweiligen Befund. In Abbildung 8 sind Bandscheiben (BS) mit einem Normalbefund dargestellt, analog dazu in den Abbildungen 9-13 die entsprechenden Signalminderungen (SM). Die Abbildungen 8-22 dienen nur als Beispiel, die dort abgebildeten Individuen waren allesamt nicht in die Studie eingeschlossen.

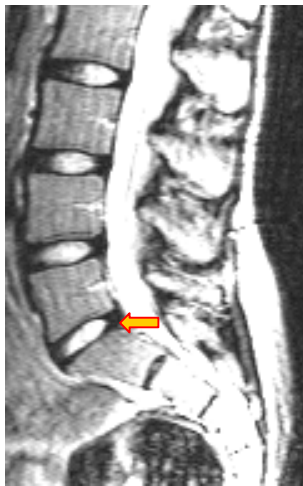


Abb.8: Normalbefund

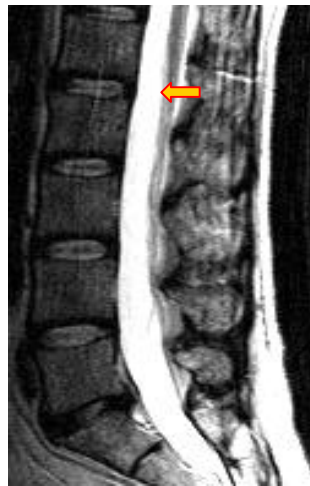


Abb.9: Cleft



Abb.10: erkennbare SM

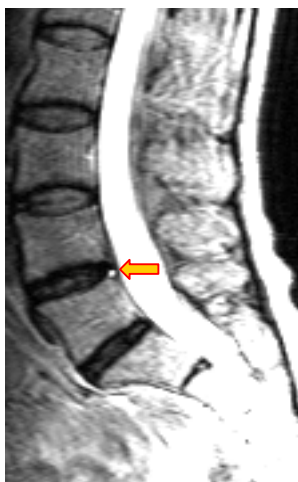


Abb.11: deutliche SM

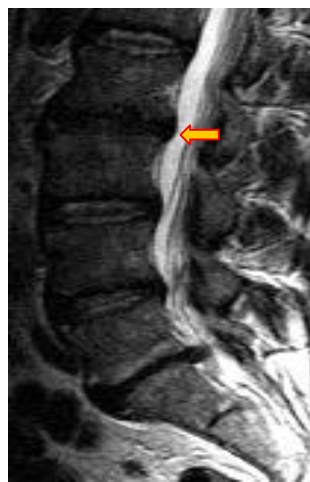


Abb.12: Signalverlust



Abb.13: BS-Verlust

Die unterschiedlichen Graustufen der Bilder sind durch deren Bildverarbeitung zu erklären. Die begutachteten Bilder wiesen eine standardisierte Einstellung der Belichtung und des Kontrastes sowie einen standardisierten Grauton auf. Die Ausschnittsvergrößerungen in den Beispielen reduzieren die Bildqualität noch weiter. Durch diese feine Abstufung der Einteilung war es uns möglich, auch schon geringe Unterschiede in der Signalminderung zu dokumentieren.

### **Form der Bandscheibe**

Eine weitere Möglichkeit in der Bestimmung der Bandscheibendegeneration stellt die Betrachtung der Bandscheibenform dar. Schon Jensen, Glenn, Greenberg und Erkintalo (2, 5, 6, 7) verwendeten diese als Kriterium. Bei der Beurteilung der Bandscheibenform verwendeten wir eine modifizierte Einteilung nach Glenn (5). Da nur sagitale Schichten zur Beurteilung verwendet wurden, konnte die Befundung der Bandscheibenform nicht so differenziert erfolgen wie in den Studien von Glenn, Greenberg und Erkintalo (5, 6, 7).

Die Bandscheibenform wurde in folgende 3 Kategorien unterteilt:

0 = normal

1 = Bulge/Protrusion

2 = Bandscheibenvorfall

Zur besseren Verdeutlichung der einzelnen Befunde sind die jeweiligen Bandscheibenformen in den Abbildungen 14-16 dargestellt.

Analog zu der Signalintensitätsänderung der Bandscheiben betrachteten wir auch bei der Formveränderung den prozentualen Altersgang der Normalform sowie geschlechtergetrennte Verläufe. Anschließend verglichen wir noch die unterschiedlichen Altersverläufe der Signalintensität gegen die Formveränderung.

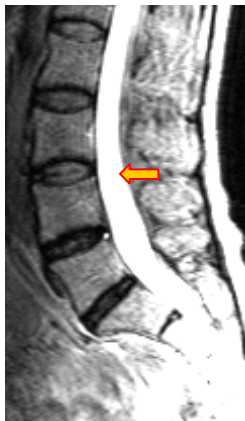


Abb.14: Normalform



Abb.15: Bulge/Protrusion



Abb.16: BS - Vorfall

### Sequester / Stenose

Das Vorhandensein von Sequestern wurde durch ein einfaches Ja oder Nein beurteilt. Ein Sequester wurde von uns als solcher eingestuft, sobald er keinen sichtbaren Kontakt mehr zu seinem Intervertebralraum hatte.

In Abbildung 17 und 17a ist ein solcher Sequester zu sehen (Pfeil).

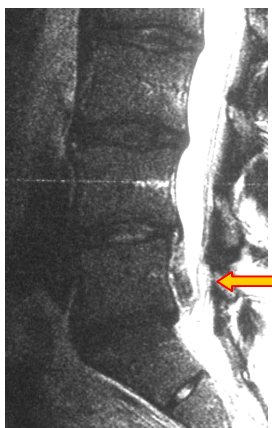


Abb.17:Sequester

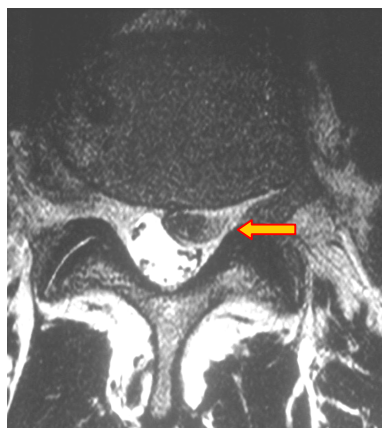


Abb.17a: Sequester

Die Beurteilung der Spinalkanalstenosen erfolgte in ähnlicher Weise.

Eine Spinalkanalstenose wurde dann angenommen, wenn es zu einem Abbruch des hellen Liquorsignals im Bereich einer Einengung kam. In den Abbildungen 18 und 18a sind Beispiele für Stenosen dargestellt.

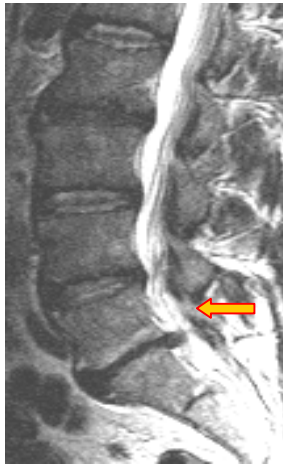


Abb.18: Stenose

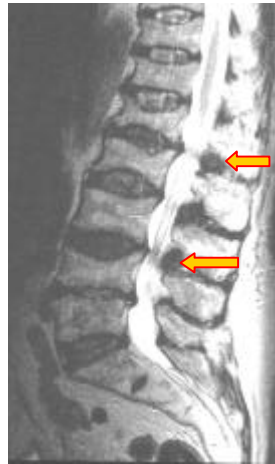


Abb.18a: Stenosen

### **Rückenform und Lordosewinkel**

Bei der Begutachtung wendeten wir unseren Blick dann auf die Rückenformen, in unserem Fall die Ausprägung der Lendenlordose.

Hier untersuchten wir bei unterschiedlicher Lendenlordose die jeweiligen unterschiedlichen Ausprägungen der Signalminderungen der Bandscheiben.

Die Rückenform wurde in 3 Gruppen unterteilt

0 = Normalform

1 = Hohlrücken

2 = Flachrücken

Der Hohlrücken wurde angenommen, wenn die Lendenlordose unphysiologisch stark ausgeprägt war (vgl. Abb. 21).

Der Flachrücken umgekehrt wurde angenommen wenn die Lendenlordose unphysiologisch gering ausgeprägt war ( vgl. Abb. 20).

Die Abbildungen 19-21 zeigen sagittale Übersichtsaufnahmen der Wirbelsäule mit den unterschiedlichen Rückenformen/ Ausprägung der Lendenlordose.



Abb.19: Normal



Abb.20: Flachrücken



Abb.21: Hohlrücken

Die Gruppen der unterschiedlichen Rückenformen wurden getrennt voneinander ausgewertet, um mögliche Einflüsse der Rückenform auf degenerative Veränderungen der Bandscheiben nachweisen zu können.

Die Lordosewinkel wurden durch die Messung der Winkel der einzelnen Wirbelkörper zueinander, vergleichbar mit der von Chen YL verwandten Methode (60) bestimmt. Hierbei wurde zunächst die Höhe der Vorder- und der Hinterkante des Wirbels bestimmt. Die Höhe der Vorder- und der Hinterkante wurden dann halbiert und eine Gerade durch die so ermittelten Punkte gezogen. Der Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgender "Kantenhalbierenden" wurde gemessen. In Abbildung 22 ist die Winkelmessung exemplarisch dargestellt, der rote Pfeil zeigt den zu messenden Winkel.

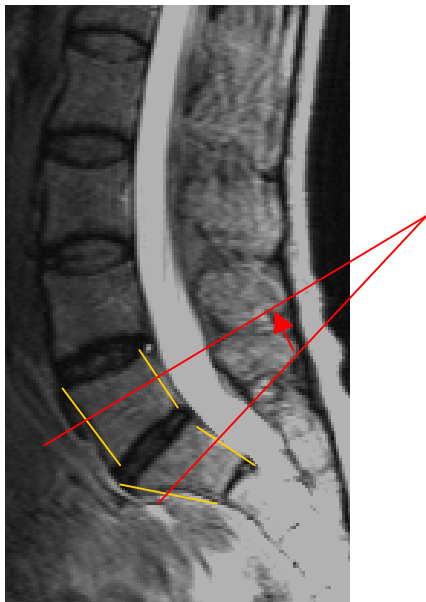


Abb.22: Lordosewinkel

Wegen der Größe der Gruppe erhofften wir einen klaren Altersgang, bezüglich der Bandscheibendegeneration, nachvollziehen zu können. Erklärtes Ziel war hierbei, den altersabhängigen Normalverlauf der Bandscheibendegeneration zu zeigen, wobei ein normaler Verlauf angenommen wurde, wenn die Ausschlusskriterien nicht anwendbar waren. Außerdem betrachteten wir die zwei in der Literatur am häufigsten in der MRT-Diagnostik verwendeten Einteilungen der Bandscheibendegeneration (Signalintensitätsminderung und Bandscheibenformveränderungen) getrennt voneinander und versuchten mögliche Unterschiede und Parallelen herauszuarbeiten.

Die erhaltenen Daten wurden in eine MS Access-Datenbank eingegeben und bearbeitet. Die spätere Auswertung der Daten erfolgte zum Teil mit MS-Access, MS-Excel, MS-Powerpoint und auch zum Teil mit dem Computer-Programm Brio Query Designer. Bei der Erstellung der Datenbank und der späteren Datenauswertung war Herr Holger Busekros mit Tips und praktischer Hilfe der Ansprechpartner bei EDV-Problemen.

### **2.1.4 Statistik**

Aufgrund der inhomogenen Studienzusammensetzung wurde keine vergleichende Statistik verwendet. Bei der Ausarbeitung und Darlegung der Ergebnisse wurde ausschließlich die deskriptive Statistik angewandt.

### 2.2 Ergebnisse

#### 2.2.1 Signalminderung

Wir untersuchten insgesamt 300 Patienten, also 1500 Bandscheiben, auf vorliegende Signalintensitätsminderungen.

Nur 35% (525 Bandscheiben) aller Bandscheiben zeigten einen Normalbefund. Der Cleft, wie von Aguila (4) beschrieben, der sowohl physiologisch vorkommt als auch als erstes Zeichen der Degeneration angesehen werden kann, wurde von uns insgesamt 195 mal angenommen, somit bei 13% der Bandscheiben (Abbildung 23).

Neben den Normalbefunden nahmen die Bandscheiben mit erkennbaren und die mit deutlichen Signalminderungen den größten Platz ein. Mit 25%, also 375 Bandscheiben, behielten die Fälle mit erkennbaren Signalminderungen die Oberhand gegenüber 18% (270 Bandscheiben) mit bereits deutlicher Ausprägung der Signalminderung. Mit 3% beziehungsweise 6% kamen die Degenerationsgrade des Signalverlustes bzw. des kompletten Bandscheibenverlustes verhältnismässig selten vor.

In Abbildung 23 ist diese Verteilung in einem Säulendiagramm dargestellt.

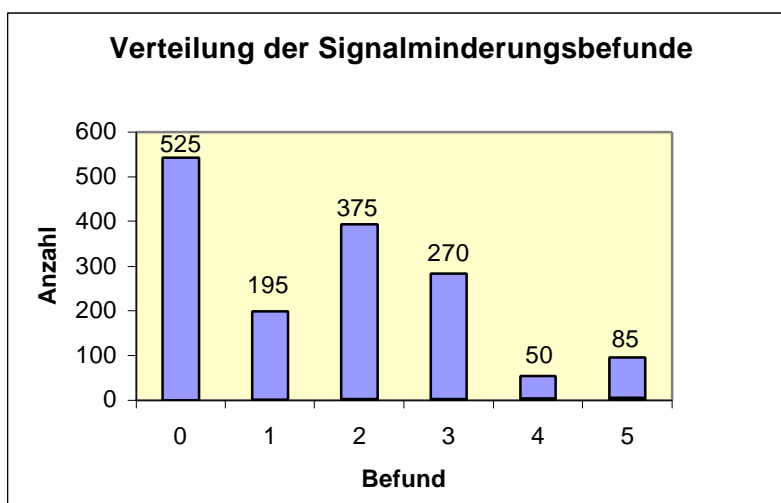


Abbildung 23: Verteilung der Signalminderung der Bandscheiben



## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

---

Die einzelne Auswertung der unterschiedlichen Degenerationsstufen - bezogen auf Alter, Geschlecht und Etage (LWK1/2 bis LWK5/SWK1) - ist für Aussagen des Verlaufes der Degeneration jedoch von weitaus größerer Bedeutung. Eine Frage, die sich uns stellte, soll auch gleich zu Beginn eines der zentralen Themen sein. Wieviel Prozent der Bandscheiben zeigen in einer gewissen Altersstufe noch einen Normalbefund?

Zur übersichtlicheren graphischen Darstellung unterteilten wir diese auf die jeweiligen Bandscheibenfächer (LWK1/2, LWK2/3 etc.) auf.

Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
LWK1/2	0	0	13	22,4	44,9	51,7	78,3	83,3	94,4	91,6
LWK2/3	0	0	6,5	10,5	36,2	58,6	65,2	1	1	91,7
LWK3/4	0	0	4,4	10,5	30,4	44,8	91,13	91,66	1	91,66
LWK4/5	0	0	4,3	5,2	21,7	37,9	73,9	88,8	83,3	75
LWK5/ SWK1	0	15,4	0	19,7	24,6	27,6	69,6	58,33	88,8	83,33

Tabelle 6: Prozentualer Anteil an Normalbefunden in den jeweiligen Bandscheibenetagen und Altersgruppen

Die graphische Darstellung des prozentuellen Anteils der Normalbefunde kann den jeweiligen Diagrammen entnommen werden. (Abbildungen 24-28).

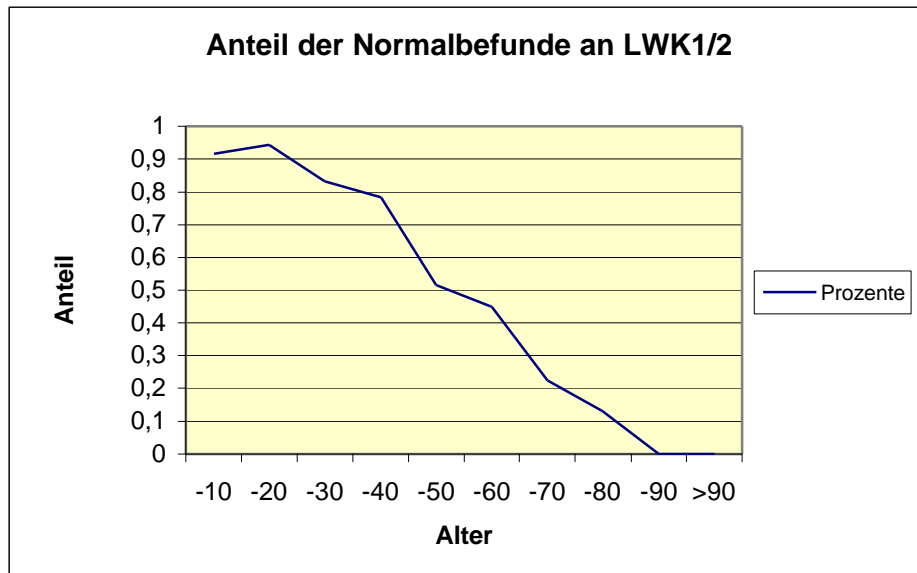


Abbildung 24 : Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK1/2

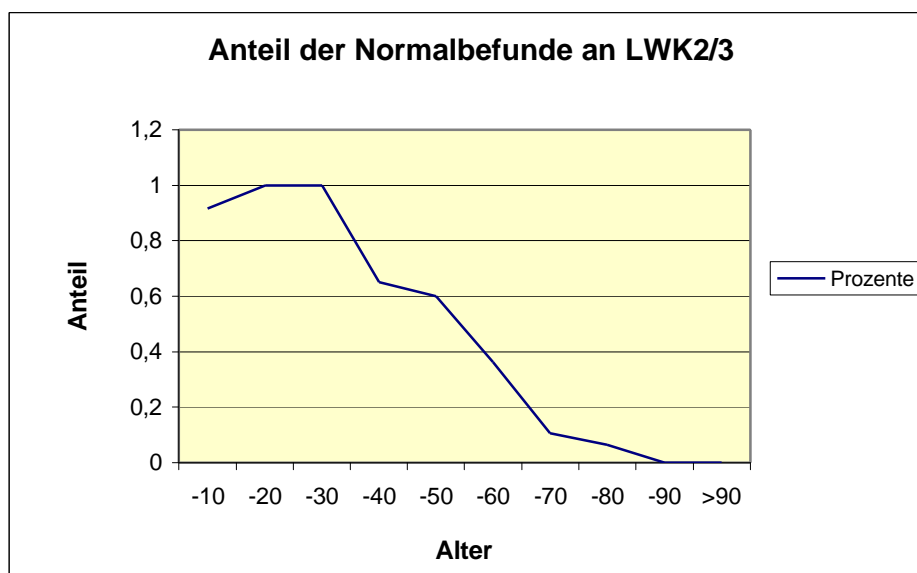


Abbildung 25: Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK2/3

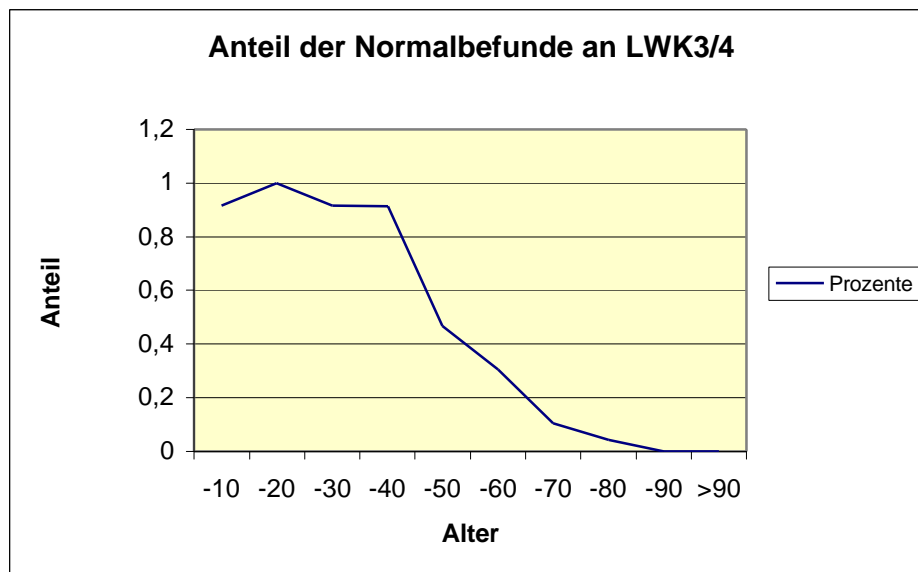


Abbildung 26: Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK3/4

Es ergibt sich ein eindeutiger Altersverlaufes der Bandscheibendegeneration. Das Alter der Patienten ist auf der X-Achse dargestellt, wobei das Alter von links nach rechts ansteigt.

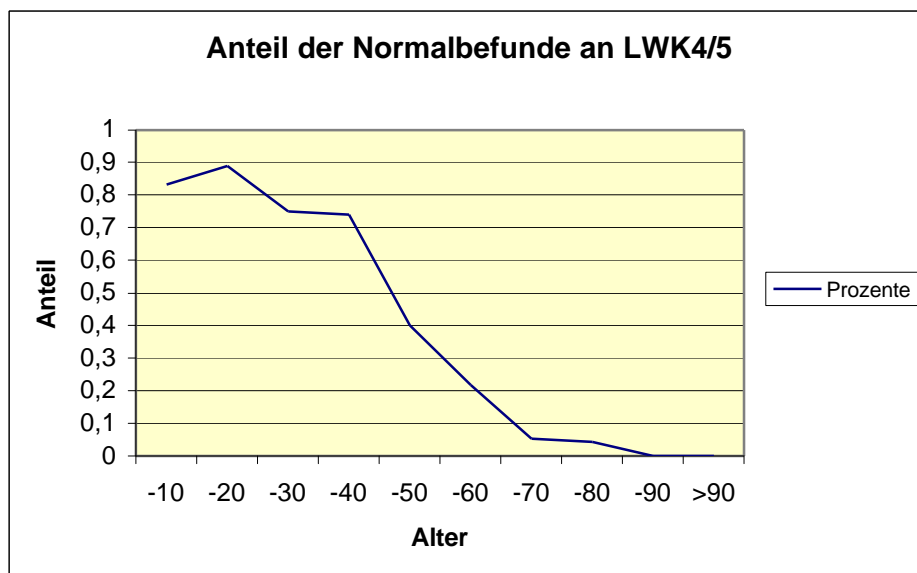


Abbildung 27: Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK4/5

## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

---

Man sieht wie sowohl mit zunehmendem Alter als auch mit tieferen Segmenten der Anteil derer mit einer normalen Signalintensität zurück geht. Am deutlichsten erkennt man dieses bei einem direkten Vergleich der Abbildungen 24 und 28.

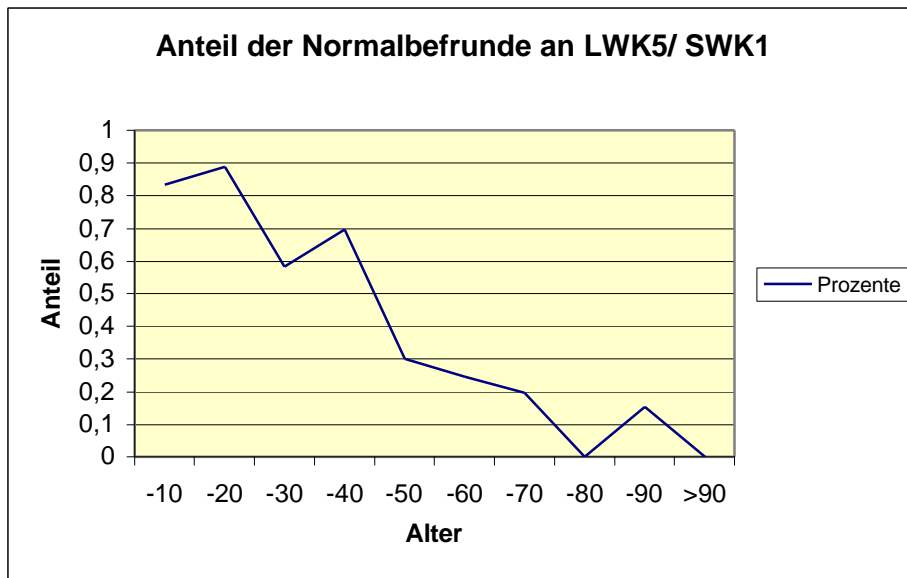


Abbildung 28: Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK5/SWK1

In der Gruppe der Patienten bis zu 20 Jahren zeigen nur vereinzelt Patienten keine Normalbefunde. Die überwiegende Mehrheit dieser Probanden zeigen auch in den kaudaleren der untersuchten Bandscheibenfächer Normalbefunde auf. Auch die Patienten bis 30 Jahre zeigten an der Stelle LWK1/2 nahezu alle Normalbefunde (90-100%). Der Anteil der Normalbefunde fiel in dieser Gruppe dann jedoch in den tieferen Bewegungssegmenten zum Teil deutlich ab. In der Höhe LWK5/SWK1 haben in dieser Gruppe nur noch 58% einen Normalbefund. Dies waren die ersten Unterschiede die wir zwischen diesen jugendlichen Gruppen ausmachen konnten, denn die bis 20-jährigen zeigten - bis auf wenige Ausnahmen - in allen Höhen ein physiologisches MR-Signal.

Bei den Probanden bis zu 40 Jahren zeigten 78% ein normales Signal. In dieser Altersgruppe fiel der Prozentsatz an Normalbefunden mit tieferem Bewegungssegment dann schwächer ab. Hier zeigen die Patienten im tiefsten Bewegungssegment LWK5/SWK1 mit 69% an Normalbefunden noch relativ unveränderte Bandscheiben. Patienten mit einem Alter bis zu 50 Jahren zeigten an der Stelle LWK1/2 noch 51% Normalbefunde, zwischen LWK5/SWK1 nur noch 27%. Somit beobachteten wir sowohl mit zunehmendem Patientenalter als auch mit tieferem Bandscheibenfach eine Zunahme der Anzeichen für eine Bandscheibendegeneration. Auch in der Altersstufe, der zwischen 1940 und 1949 geborenen, also der bis zu 60-jährigen, war dieser Trend schön nachzuvollziehen. Hier nahm der Anteil mit Normalbefunden stetig von LWK1 (44%) bis hin zu SWK1 (23%) ab. Auch die folgend älteren Probanden zeigten diesen oder einen ähnlichen Verlauf. In der nächsten Gruppe, der bis zu 70-jährigen zeigte sich derselbe Trend. So waren es dort an LWK1/2 immerhin knapp 20% (15 Probanden), die einen Normalbefund aufwiesen. An LWK2/3 ging der Anteil zurück auf 10,5%, um in der darunterliegenden Loge bei diesem Wert zu sistieren. An LWK4/5 ging der Anteil derer mit Normalbefunden auf knapp 5,3% zurück. Diese Entwicklung war abzusehen nicht jedoch, daß an LWK5/SWK1 der Prozentsatz deutlich (19,7%) wieder anstieg. Der zu erwartende Trend, daß mit zunehmendem Alter der Anteil an Normalbefunden immer weiter abfallen würde, bestätigte sich in unseren Beobachtungen.

Bei den bis zu 80 Jahre alten Patienten wiesen an der Höhe LWK1/2 noch 6 Patienten (13%) einen Normalbefund auf. In der darunterliegenden Bandscheibenetage reduzierte sich dies bereits um die Hälfte (3 Probanden = 6,5%). In den nachfolgenden Höhen (LWK3/4 und LWK4/5) verminderte sich dies um noch einen weiteren auf 2 Patienten (4,3%). In der untersten Etage wies in dieser Altersgruppe niemand mehr einen Normalbefund auf.

Bei den bis zu 90-jährigen konnten wir in den Höhen LWK1/2-LWK4/5 auch keine Normalbefunde mehr nachweisen. Die Gruppe bestand in diesen Geburtsjahrgängen aus 13 Probanden, wovon 7 Frauen waren und 6 Männer. Lediglich zwischen LWK5/SWK1 fanden wir zu unserer Überraschung zwei Patienten die einen Normalbefund in dieser Höhe aufwiesen. Es handelt sich in beiden Fällen um Frauen.

Unter den älter als 90-jährigen Patienten befanden sich nur zwei, so daß eine Auswertung in dieser Periode nicht möglich war. In der Begutachtung befanden sich eine Frau (geboren 1903 also 97 Jahre alt) und ein Mann (geboren 1909, 91Jahre). Die Befunde der beiden waren identisch. Beide zeigen eine Signalminderung von 3, also eine deutliche Signalminderungen in den Zwischenwirbelräumen von LWK1/2 bis LWK4/5. In der Loge LWK5/SWK1 waren bei beiden Patienten keine Bandscheiben mehr nachweisbar. Wegen der geringen Gruppengröße wurden sie nicht in unsere Statistik mit aufgenommen. Somit konnten wir klar einen altersabhängigen Verlauf der Bandscheibendegeneration feststellen. Daneben zeigten die kaudalen Bandscheibenetagen (LWK4/5 und LWK5/SWK1) häufiger Zeichen der Degeneration als die kranial liegenden Bandscheiben bei LWK1/2. In Abbildung 29 ist der Anteil an Normalbefunden, der Signalintensitätsminderung für die jeweiligen Zwischenwirbelräume dargestellt.

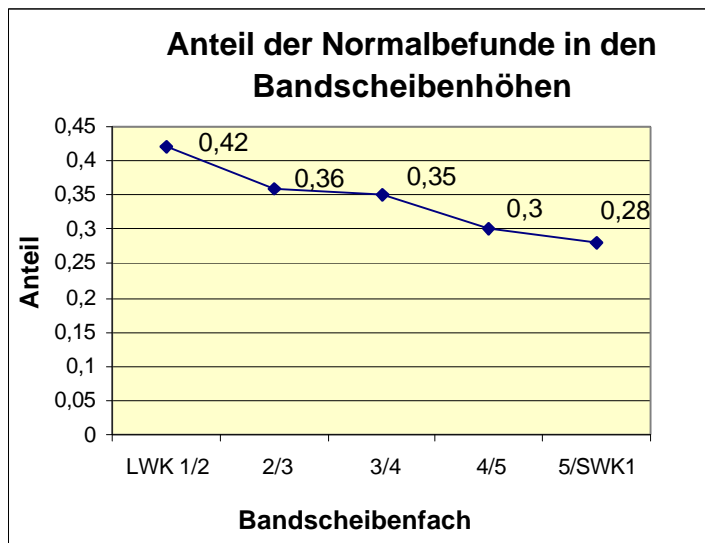


Abbildung 29: Normalbefunde der Bandscheibenhöhen

Desweiteren achteten wir auf Probanden mit Normalbefunden in allen Höhen. Diese waren die Ausnahme, ausgenommen die Altersgruppen bis zu 20 Jahren. Bei den bis zu 20-jährigen beobachteten wir fast ausschließlich Normalbefunde in allen Höhen. Bei den darauffolgenden Altersgruppen ging dieser Anteil deutlich zurück. Bereits die 20 bis 40-jährigen wiesen nur knapp weniger als 50% mit diesem Befundmuster auf. Bei noch älteren, zwischen 40 und 60 Jahren, ging diese Befundkonstellation prozentual noch weiter zurück. Insgesamt waren es je 4 beziehungsweise 5 Probanden mit solchen jugendlich anmutenden Befunden. Bei den über 60-jährigen fanden sich überhaupt keine Probanden mit Normalbefunden in allen Höhen mehr. Dies ist in Abbildung 30 dargestellt.

Die Betrachtung der Normalbefunde in den verschiedenen Geburtsjahrgängen brachte auch die zu erwartenden Verläufe. Unsere Beobachtungen erbrachten eine kontinuierliche Zunahme der Degeneration der Bandscheiben mit abnehmender Bandscheibenetage. Dies bedeutet, daß wir in den höheren Etagen (LWK1/2) mehr Normalbefunde fanden nämlich 42%, gegenüber 28% in den kaudalen Regionen (LWK5/SWK1) (vgl. Abb. 29).

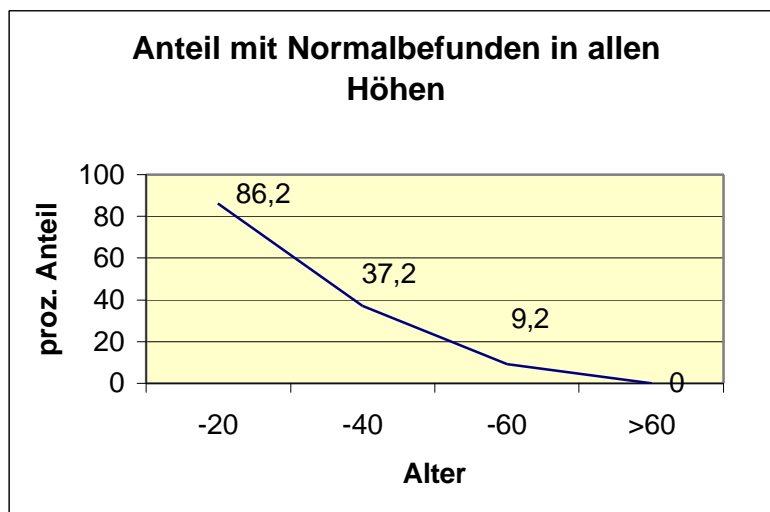


Abbildung 30: Prozentualer Anteil an Normalbefunden in allen Bandscheibenhöhen

Eine Übersicht gibt Tabelle 7.

Befund Etage	0	1	2	3	4	5
LWK1/2	42%	17%	22%	14%	2%	3%
LWK2/3	37%	15%	25%	17%	4%	3%
LWK3/4	35%	13%	26%	19%	2%	5%
LWK4/5	31%	8%	30%	22%	3%	7%
LWK5/SWK1	28%	10%	24%	19%	5%	12%

Tabelle 7: Befundübersicht (Signalminderung)

Wie man in der Tabelle 7 erkennen kann, verhalten sich die Normal- und Cleft-Befunde wie oben erwähnt. In der Höhe LWK1/2 zeigen mehr Bandscheiben einen Normalbefund als in der Höhe LWK5/SWK1. Auch für den minimalen Befund des Cleft gilt dies noch (17% in LWK1/2 gegenüber 10% an LWK5/SWK1). Die intermediären Befunde der erkennbaren und deutlichen Signalminderung zeigten den „Wendepunkt“ in unserer Beobachtung. In den schon fortgeschrittenen Degenerationsstadien des Signal- bzw.



Bandscheibenverlustes zeigte sich genau der umgekehrte Trend. Diese Befunde wiesen ihr Maximum in den tieferen Etagen, bei LWK4/5 und LWK5/SWK1, auf. Der Anteil der fortgeschrittenen Befunde ist in den kaudalen Bandscheibenetagen mit 5% / 12% etwas ausgeprägter als in den kranialeren Regionen der Lendenwirbelsäule mit 2% beziehungsweise 3%.

Es konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Die prozentualen Unterschiede lagen bei kleiner 5%. Der Anteil der Männern und Frauen, die zur Verfügung standen (154 Männer; 146 Frauen), verhielten sich annähernd gleich hinsichtlich der Altersverteilung .

Die folgenden Abbildungen 31-35 zeigen die geschlechtergetrennte Verteilung der erhobenen Befunde in den unterschiedlichen Bandscheibenfächern. Exemplarisch wird die Altersgruppe der 50 bis 60-jährigen dargestellt. In der Höhe LWK1/2 zeigen unter den Männern immerhin noch knapp 40% einen Normalbefund. Jeweils 24% weisen einen Cleft oder eine erkennbare Signalmindering auf. Deutliche Signalverluste wiesen knapp 11% der untersuchten Männer auf, und nur 3% zeigten überhaupt kein Signal mehr. Bei den Frauen fanden wir an dieser Stelle sogar noch 52% mit Normalbefund. Mit 13% für den Cleft und 29% bei der erkennbaren Signalmindering war das vergleichbar mit den Männern. Eine deutliche Signalmindering zeigten knapp 6% der Untersuchten. Höhere Ausprägungen von Degeneration kamen bei den Frauen in dieser Höhe nicht vor.

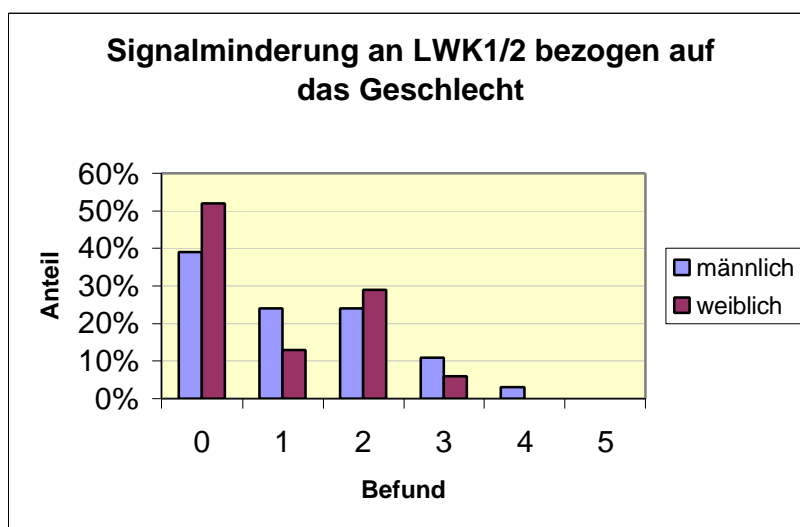


Abbildung 31: Verteilung der Signalmindering an LWK1/2

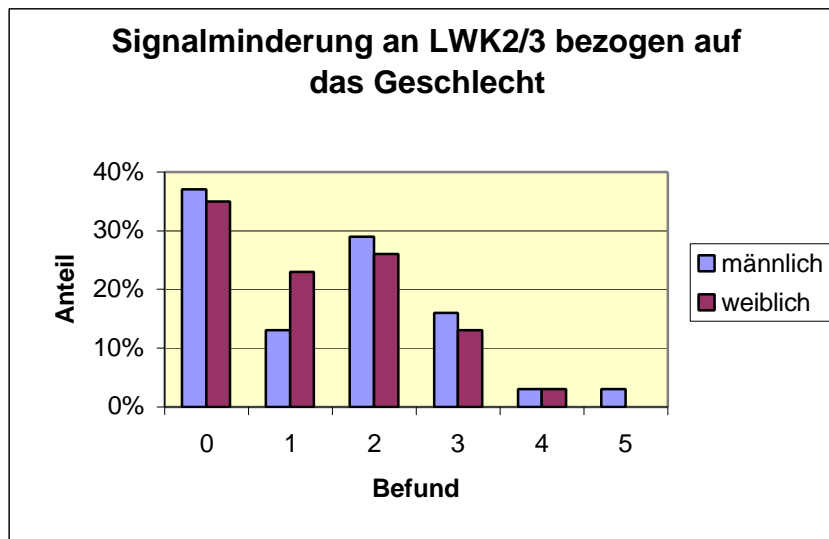


Abbildung 32: Verteilung der Signalminderung an LWK2/3

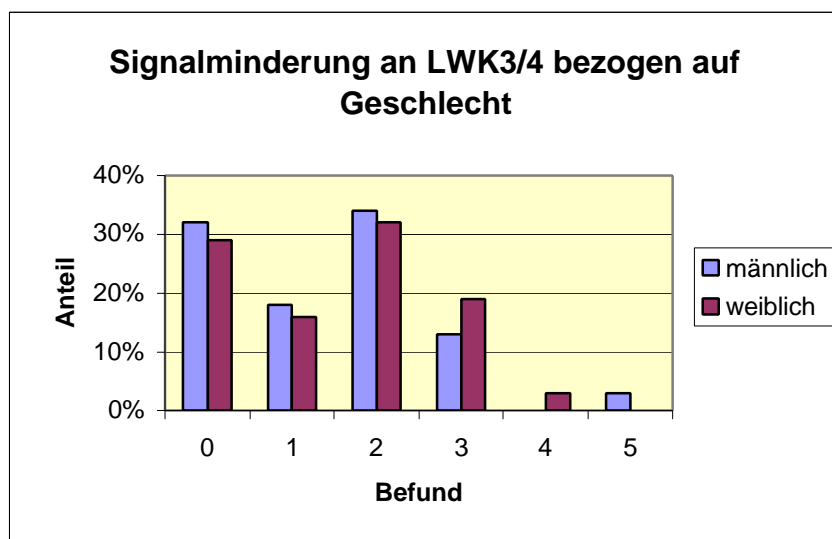


Abbildung 33: Verteilung der Signalminderung an LWK3/4

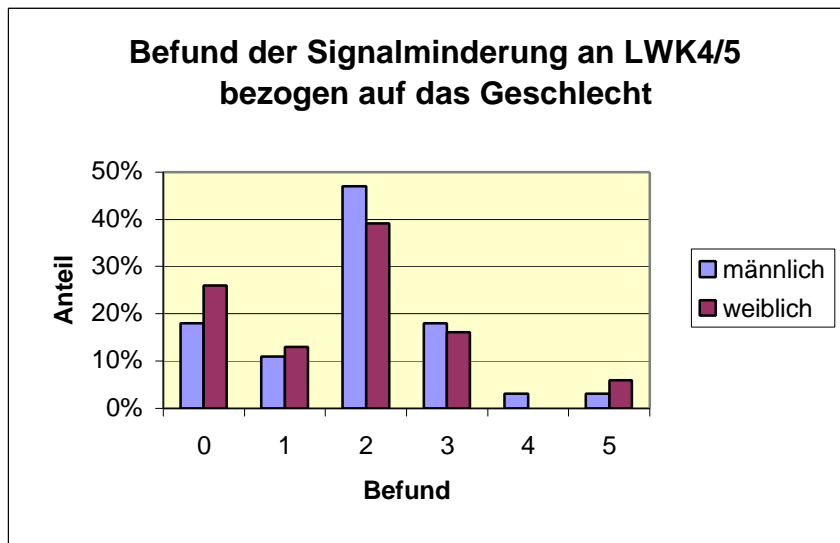


Abbildung 34: Verteilung der Signalminderung an LWK4/5

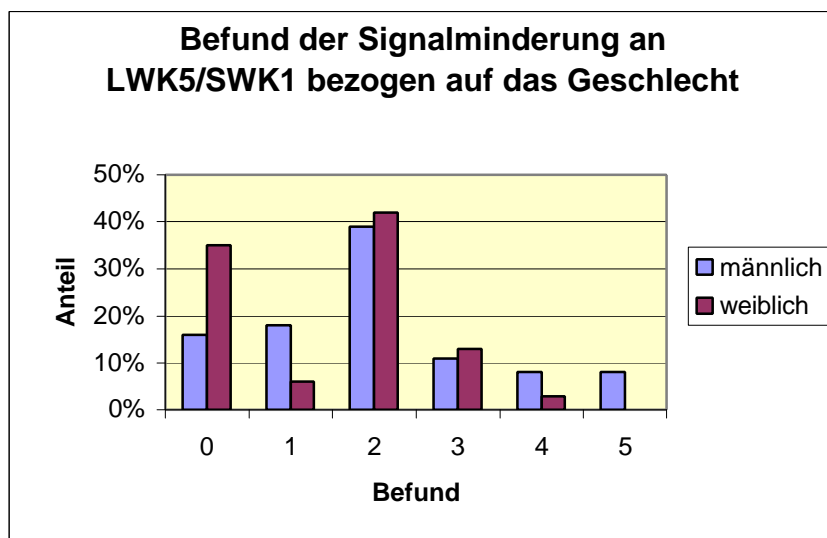


Abbildung 35: Verteilung der Signalminderung an LWK5/SWK1

Insgesamt muß festgehalten werden, daß in der Höhe LWK1/2 unter den Männern der Jahrgänge 1940-1949 schon insgesamt 61% keinen Normalbefund mehr aufwiesen. Bei den Frauen waren dies dort nur 48%. In den darunterliegenden Etagen wurde das Verhältnis ausgeglichener, so daß unter den Männern der Anteil der degenerativen Befunde über 63%, 68%, 82% auf 84% in der Höhe LWK5/SWK1 anstieg. Bei den Frauen waren dies 65%, 71%, 74%. In der untersten Etage fiel der Wert wieder auf 65% ab.

Auch die Abbildung 36 zeigt noch einmal die Geschlechterverteilung der Signalintensitätsminderung allerdings für die Altersgruppe der 60 bis 70-jährigen an LWK2/3. Abbildung 37 stellt dann noch einmal geschlechtergetrennt den prozentualen Anteil der Normalbefunde in den entsprechenden Altersgruppen dar. Große Unterschiede sind hierbei nicht auszumachen.

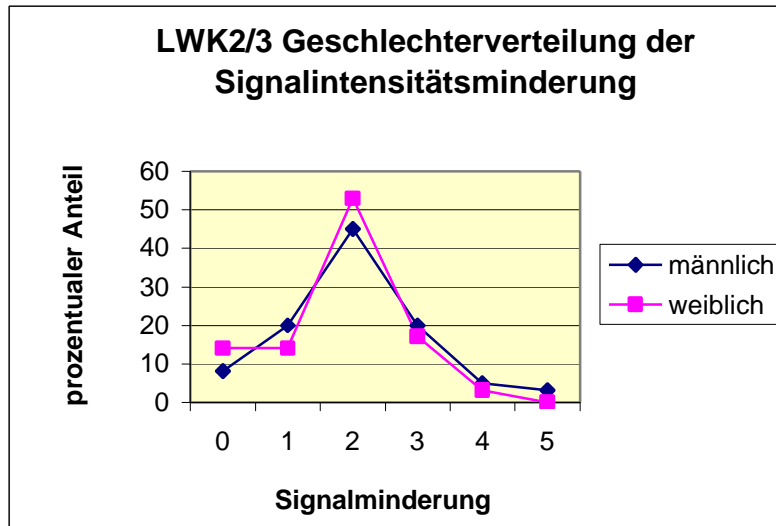


Abb. 36: Geschlechtervergleich der Bandscheibendegeneration an LWK2/3

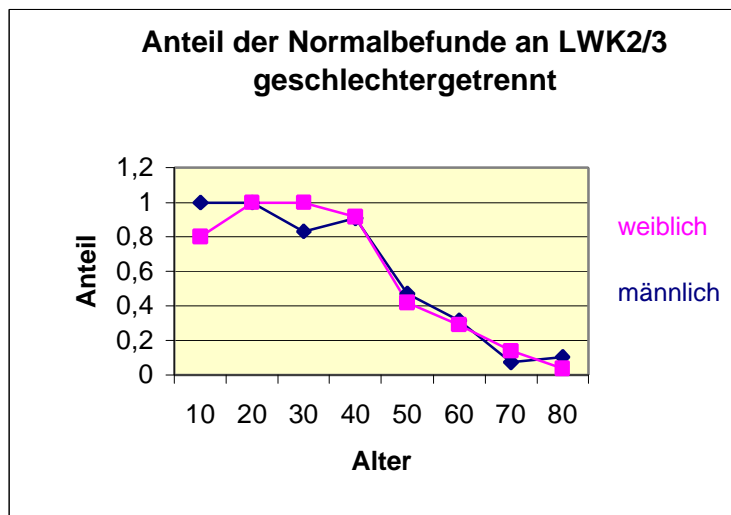


Abb. 37: Geschlechtergetrennte Verteilung der Normalbefunde an LWK2/3

Somit besteht ein fast ausgewogenes Verhältnis der Signalminderung, hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Befundverteilung, in dieser Altersgruppe. Die Männer zeigten nur dezent häufiger pathologische Befunde. Der geschlechtergetrennte Verlauf der Signalminderung ergab auch in den anderen Altersgruppen nur äußerst geringe Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Das zugrundeliegende Zahlenmaterial ist in Tabelle 8 für den Zwischenwirbelraum LWK1/2 dargestellt. Horizontal wurden die Geschlechter und die Befunde der Signalminderung angetragen. Vertikal wurden die Geburtsdekaden der Probanden angetragen. In die so definierte Tabelle wurden unsere erhobenen Daten eingefügt. Es erfolgte eine geschlechtergetrennte Aufarbeitung und Darstellung.

Aus dem Zahlenmaterial ist zu entnehmen, daß für alle Zwischenwirbelräume nur geringe Unterschiede zwischen den Geschlechtern bestehen. Die Männer weisen nur geringfügig häufiger Signalminderungen auf, lediglich die Ausprägung der Degeneration ist bei den Männern etwas stärker. Nachfolgende Tabelle 8 zeigt das den Abbildungen 31-35 zugrundeliegende Zahlenmaterial. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Verteilung der Bandscheibendegeneration, beurteilt nach Signalminderung, vor allem abhängig ist vom Alter und der Bandscheibenetage und im wesentlichen unabhängig ist vom Geschlecht. Die geschlechtsbedingten Unterschiede waren in ihrer Ausprägung so gering, daß hier nur noch kurz darauf eingegangen wird.

## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

männlich							weiblich						
LWK1/2	0	1	2	3	4	5	LWK1/2	0	1	2	3	4	5
>90				100%			>90				100%		
-90			17%	50%	17%	17%	-90			14%	43%		43%
-80	16%	11%	26%	37%	5%	5%	-80	11%	7%	30%	37%	7%	7%
-70	18%	33%	33%	13%	3%	3%	-70	28%	14%	44%	11%		3%
-60	39%	24%	24%	11%	3%		-60	52%	13%	29%	6%		
-50	47%	41%	12%				-50	58%	42%				
-40	64%	9%	9%	18%			-40	92%	8%				
-30	83%	17%					-30	83%	17%				
-20	100%						-20	89%		11%			
-10	100%						-10	80%	20%				
männlich							weiblich						
LWK2/3	0	1	2	3	4	5	LWK2/3	0	1	2	3	4	5
>90				100%			>90				100%		
-90			33%	50%	17%		-90				14%	57%	29%
-80	5%	11%	37%	32%	11%	5%	-80	7%	7%	22%	48%	4%	11%
-70	8%	20%	45%	20%	5%	3%	-70	14%	14%	53%	17%	3%	
-60	37%	13%	29%	16%	3%	3%	-60	35%	23%	26%	13%	3%	
-50	59%	18%	18%	6%			-50	58%	42%				
-40	45%	36%	9%	9%			-40	83%	17%				
-30	100%						-30	100%					
-20	100%						-20	100%					
-10	100%						-10	80%	20%				

## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

männlich							weiblich						
LWK3/4	0	1	2	3	4	5	LWK3/4	0	1	2	3	4	5
>90				100%			>90				100%		
-90				67%		33%	-90				14%	57%	29%
-80	5%	11%	37%	42%		5%	-80	7%	7%	22%	48%	4%	11%
-70	8%	38%	25%	23%	3%	5%	-70	14%	14%	53%	17%	3%	
-60	32%	18%	34%	13%		3%	-60	35%	23%	26%	13%	3%	
-50	47%	6%	41%	6%			-50	58%	42%				
-40	91%		9%				-40	83%	17%				
-30	83%			17%			-30	100%					
-20	100%						-20	100%					
-10	100%						-10	80%	20%				
LWK4/5							LWK4/5						
LWK4/5	0	1	2	3	4	5	LWK4/5	0	1	2	3	4	5
>90				100%			>90				100%		
-90				50%	17%	33%	-90			14%	14%	29%	43%
-80	5%	5%	32%	26%	5%	26%	-80	4%	4%	26%	37%	11%	19%
-70	8%	23%	33%	30%	3%	5%	-70	3%	11%	42%	36%	3%	6%
-60	18%	11%	47%	18%	3%	3%	-60	26%	13%	39%	16%		6%
-50	35%	6%	47%	12%			-50	42%		33%	25%		
-40	73%		9%	18%			-40	75%		25%			
-30	50%		33%	17%			-30	100%					
-20	89%	11%					-20	89%			11%		
-10	86%		14%				-10	80%		20%			
LWK5/ SWK1							LWK5/ SWK1						
LWK5/ SWK1	0	1	2	3	4	5	LWK5/ SWK1	0	1	2	3	4	5
>90						100%	>90						100%
-90	17%		17%		17%	50%	-90	14%			43%		43%
-80		11%	32%	32%	11%	16%	-80		11%	22%	26%	15%	26%
-70	18%	15%	18%	30%	3%	18%	-70	22%	6%	31%	28%	3%	11%
-60	16%	18%	39%	11%	8%	8%	-60	35%	6%	42%	13%	3%	
-50	29%	12%	47%	12%			-50	25%	17%	8%	25%		25%
-40	55%		9%	36%			-40	83%	8%		8%		
-30	50%		33%	17%			-30	67%	17%		17%		
-20	89%	11%					-20	89%		11%			
-10	86%		14%				-10	80%	20%				

Tabelle 8: Verteilung der Befunde der Signalminderung

Es zeigte sich an der Stelle LWK1/2 in den im Alter zwischen 40 und 50 unter den Frauen nur 58% mit Normalbefunden und 42% mit einem intranukleären Cleft. Bei den Männern gab es in diesem Alter und an diesem Ort noch immerhin 12% mit bereits erkennbarer Signalminderung (Befund = 2). An der selben Stelle beobachteten wir unter den 30 bis 40-jährigen Männern dann 64% Normalbefunde, jeweils 9% Cleft's und erkennbare Signalminderungen und dann auch noch 18% - nach unserer Einteilung - mit deutlichen Signalminderungen.

Die Frauen zeigten in dieser Gruppe mit 92% Normalbefunden und nur 8% an Cleft's die einzigen deutlichen Abweichungen von der Gruppe der Männer. An der Stelle LWK2/3 wurden wieder nur unter den 30 bis 40-jährigen Unterschiede in erwähnenswerter Ausprägung gefunden.

Unter den 40 bis 50-jährigen waren die Verhältnisse zwischen Normalbefunden und pathologisch degenerierten Bandscheiben zwischen Männern und Frauen annähernd gleich (Männer 59%; Frauen 58%). Lediglich die Ausprägung war bei den Männern deutlicher, sie zeigten 18% Cleft's, 18% erkennbare und 6% deutliche Signalminderungen auf. Die Frauengruppe enthielt neben Normalbefunden nur noch 42% beginnend degenerierende Bandscheiben (Cleft). In den darunterliegenden Bandscheibenetagen glichen sich die Befunde zunehmend an, so daß auf eine detaillierte Beschreibung der Unterschiede zwischen den Geschlechtern hier verzichtet werden kann. Wir konnten in unserer Studie nur sehr geringe Unterschiede in der geschlechtergetrennten Betrachtung nachweisen.



### 2.2.2 Bandscheibenform

Von den beurteilten 1500 Bandscheiben zeigten 1148 eine normale Form, 341 wiesen einen Bulge beziehungsweise eine Protrusion auf und nur insgesamt 11 Bandscheiben wiesen als Befund einen Bandscheibenprolaps auf. In Tabelle 9 ist die Verteilung der Bandscheibenform in Bezug auf das jeweilige Bandscheibenfach prozentual dargestellt.

Diskform	LWK1/2	LWK2/3	LWK3/4	LWK4/5	LWK5/SWK1
Normal = 0	84%	76%	75%	68%	82%
Bulge/ Protrusion = 1	13%	19%	19%	24%	14%
Prolaps = 2	3%	5%	6%	7%	4%

Tabelle 9: Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf die Etage

Die Verteilungen sind im Anhang (siehe Seite 87 f.) graphisch, in Form von Kreisdiagrammen (Abbildungen 66-75), dargestellt.

Unsere Ergebnisse der Betrachtung des Bandscheibenfaches LWK1/2 hinsichtlich der Form sind in Tabelle 10 dargestellt.

LWK1/2										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
Anzahl Diskform = 0	0	5	34	63	59	28	22	12	17	12
Anzahl insgesamt	2	13	46	76	69	29	23	12	18	12
Anteil Diskform = 0	0	0,38	0,74	0,83	0,85	0,96	0,95	1	0,94	1

Tabelle 10: Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf das Alter an LWK1/2

Wie aus der Tabelle gut zu erkennen ist, bleibt die Bandscheibenform sehr lange „normal“. In unserer Studie zeigten die bis zu 70-jährigen in dieser Höhe noch über 80% einen Normalbefund. Bei den unter 50-jährigen wiesen nur

## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

Ausnahmen keinen Normalbefund auf. In den darunter folgenden Etagen verhielt sich dies ähnlich, wie aus Tabelle 11 zu entnehmen ist.

<b>LWK2/3</b>										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
Anzahl Diskform = 0	0	5	26	51	56	25	23	11	18	12
Anzahl insgesamt	2	13	46	76	69	29	23	12	18	12
Anteil Diskform = 0	0	0,38	0,57	0,67	0,81	0,86	1	0,92	1	1
<b>LWK3/4</b>										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
Anzahl Diskform = 0	1	7	23	51	55	23	22	11	18	12
Anzahl insgesamt	2	13	46	76	69	29	23	12	18	12
Anteil Diskform = 0	0,5	0,54	0,5	0,67	0,80	0,79	0,96	0,92	1	1
<b>LWK4/5</b>										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
Anzahl Diskform = 0	1	7	20	49	52	19	17	9	16	12
Anzahl insgesamt	2	13	46	76	69	29	23	12	18	12
Anteil Diskform = 0	0,5	0,54	0,43	0,64	0,75	0,65	0,74	0,75	0,89	1
<b>LWK5/SWK1</b>										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
Anzahl Diskform = 0	1	9	33	66	55	21	19	11	17	12
Anzahl insgesamt	2	13	46	76	69	29	23	12	18	12
Anteil Diskform = 0	0,5	0,69	0,72	0,87	0,80	0,72	0,83	0,92	0,94	1

Tabelle 11: Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf das Alter an  
LWK2/3 - LWK5/SWK1

Der hohe Anteil mit 50% Normalbefunden in der Geburtsdekade von 1900-1910 ist nicht als repräsentativ zu erachten, da wir in dieser Altersgruppe nur zwei Personen beurteilen konnten. Der Vollständigkeit halber ist diese jedoch auch mit aufgeführt. Ansonsten fällt auf, daß wir die Bandscheibenform unserer Patienten bis ins hohe Alter als normal eingestuft haben.

In den Abbildungen 38-42 ist der prozentuale Anteil der normalen Bandscheibenform bezogen auf das jeweilige Alter graphisch dargestellt. Wie aus den Tabellen 10 und 11 ersichtlich wird, konnten wir Unterschiede in der Bandscheibenform - bezogen auf die Höhe des Zwischenwirbelraumes - nachweisen. Wir fanden im Zwischenwirbelraum LWK1/2 insgesamt 84% mit einer Normalform. In den darunterliegenden Fächern fiel der Anteil an Normalbefunden auf zunächst 76%, dann auf 75% und 68%. In der Höhe LWK5/SWK1 fanden wir überraschend wieder 82% mit Normalbefunden. Die Beobachtungen, die wir bei der Signalminderung machten - die Intensitätsminderung hängt hier vor allem vom Alter und der Bandscheibenhöhe ab - konnte auch bei der Bandscheibenform unter Vorbehalt bestätigt werden. Dies ist exemplarisch besonders gut durch den direkten Vergleich der Abbildungen 38 und 41 zu sehen.

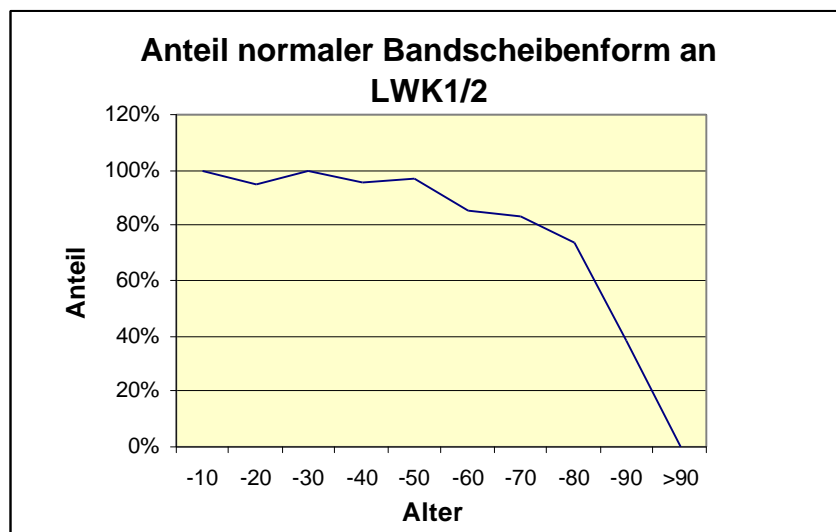


Abbildung 38: Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK1/2

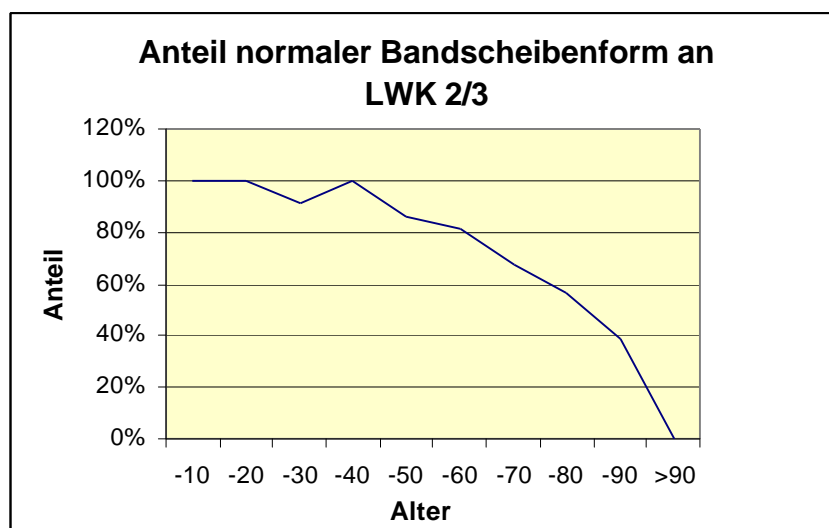


Abbildung 39: Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK2/3

Wie hier deutlich zu sehen ist, konnten wir die Abhängigkeit vom Alter anhand der Betrachtung der Bandscheibenform ausmachen.

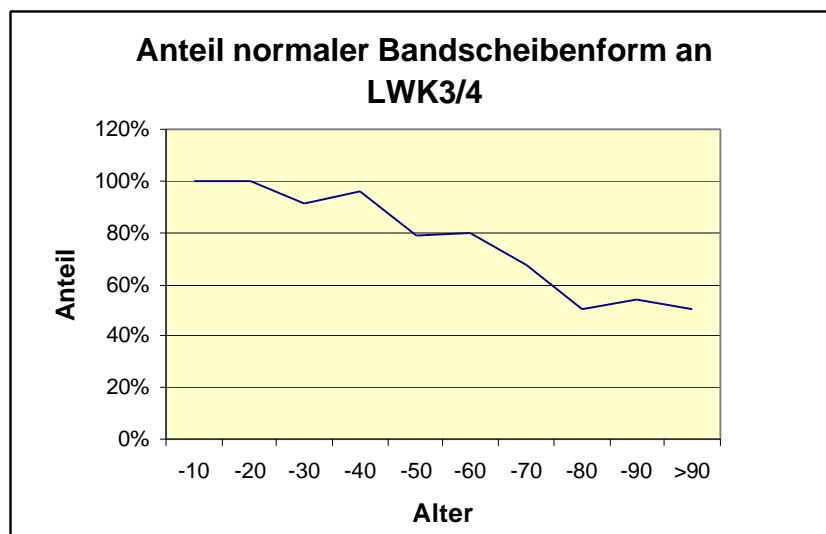


Abbildung 40: Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK3/4

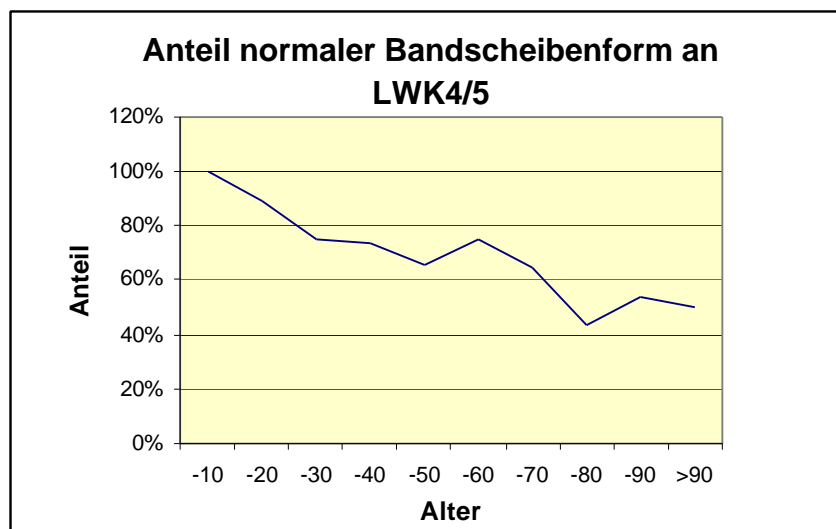


Abbildung 41: Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK4/5

Auch Weisshaupt (20) konnte bei den jüngeren Jahrgängen (Patienten unter 50 Jahren) nur in Ausnahmefällen degenerative Veränderungen im Sinne von Bandscheibenformveränderungen feststellen.

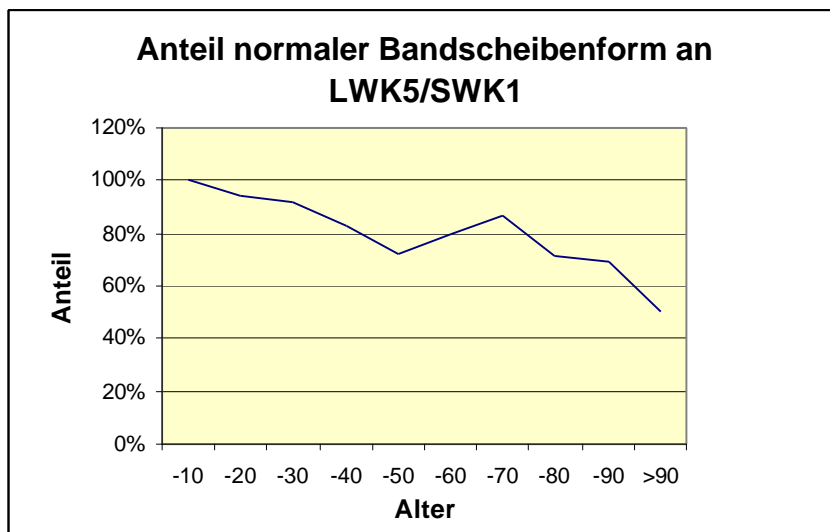


Abbildung 42: Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK5/SWK1

Dies ist mit unseren Beobachtungen in Bezug auf die Formveränderung zu vergleichen, wobei das Alter bei uns eher noch höher angesiedelt werden kann. Bei der getrennten Betrachtung der Geschlechterverteilung fällt auf, daß anders als bei der Betrachtung der Signalintensitätsminderung, bei der keine relevanten geschlechterspezifischen Unterschiede beobachtet wurden, doch Unterschiede zwischen den Geschlechtern auftraten. Das zugrundeliegende Zahlenmaterial ist in der Tabelle 12 dargestellt.

		Diskform 0	Diskform 1	Diskform 2
<b>LWK1/2</b>	männlich	31	7	
	weiblich	28	3	
<b>LWK2/3</b>	männlich	28	8	2
	weiblich	28	2	1
<b>LWK3/4</b>	männlich	32	3	3
	weiblich	23	5	3
<b>LWK4/5</b>	männlich	26	8	4
	weiblich	26	3	2
<b>LWK5/SWK1</b>	männlich	28	7	3
	weiblich	27	3	1

Tabelle 12: Bandscheibenformverteilung bezogen auf Geschlecht und Höhe

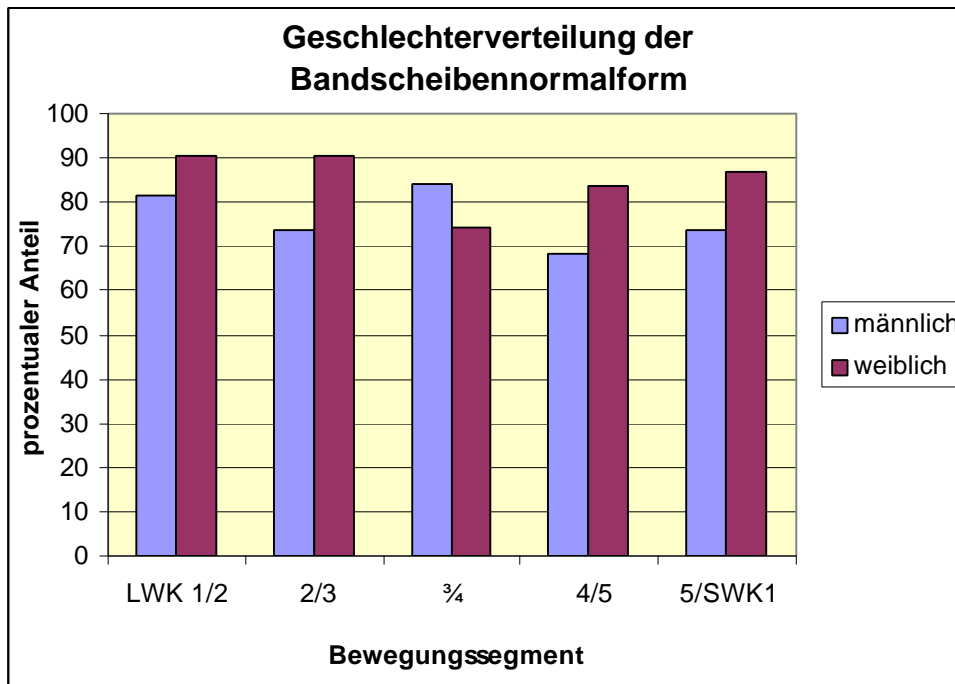


Abbildung 43: Geschlechterverteilung bei Bandscheibennormalform

Aus Abbildung 43 ist ersichtlich, daß scheinbar Formveränderungen der Bandscheiben häufiger bei Männern zu beobachten sind. In den Abbildungen 66-75 im Anhang (Seite 87 f.) ist anhand von Kreisdarstellungen der Unterschied graphisch dargelegt. Es zeigt sich, daß unter den Männern deutlich häufiger als bei den Frauen Formveränderungen auftreten. Ausnahme hierbei stellt in unseren Beobachtungen die Höhe LWK3/4 dar, bei der Frauen einen ca. doppelt so großen Anteil an Formabweichungen zeigen.

In den weiter kaudal liegenden Bandscheiben wurde der Anteil der Normalbefunde immer geringer, und zwar sowohl hinsichtlich der Signalintensität als auch hinsichtlich der Formveränderung. Im Vergleich zeigte sich, daß die Signalintensitäten früher, im Durchschnitt ca. 30 Jahre vor der Formveränderung, zu erkennen ist. Dies ist in der Abbildung 44 dargestellt (siehe horizontal verlaufender Pfeil). Stellvertretend ist das Bandscheibenfach LWK1/2 dargestellt. Es werden die Anteile der Normalbefunde der Signalminderung (blau) und die der Formveränderung (rosa) über die Altersverteilung aufgezeigt. Die Abbildungen 45-48 zeigen dies für die entsprechend kaudal liegenden Bewegungssegmente. In den Tabellen 13-18 ist das zugrundeliegende Zahlenmaterial dargestellt.



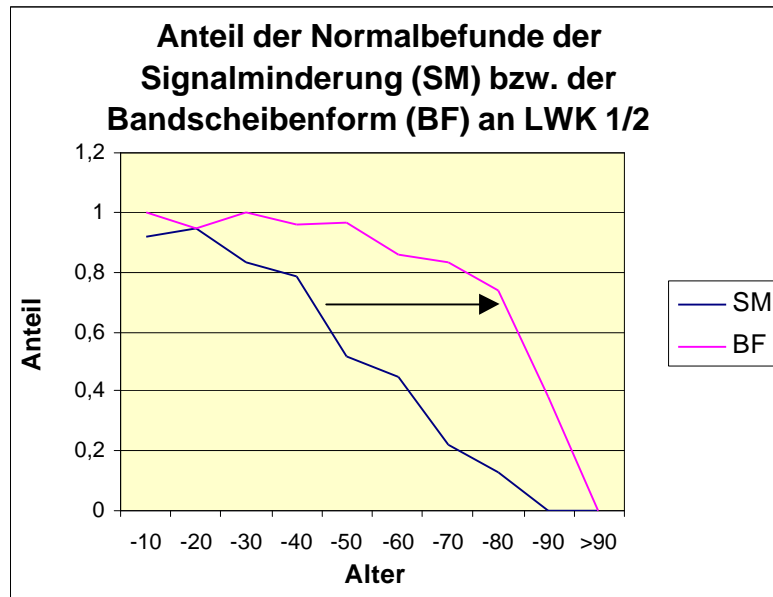


Abb. 44: Altersverlauf der Signalminderung (SM) gegen die Bandscheibenform (BF) an LWK1/2

LWK1/2										
Geburtsdekade	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Signalminderung	0	0	0,13	0,224	0,449	0,517	0,783	0,833	0,944	0,917
Bandscheibenform	0	0,385	0,739	0,829	0,855	0,966	0,957	1	0,944	1

Tabelle 13: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK1/2

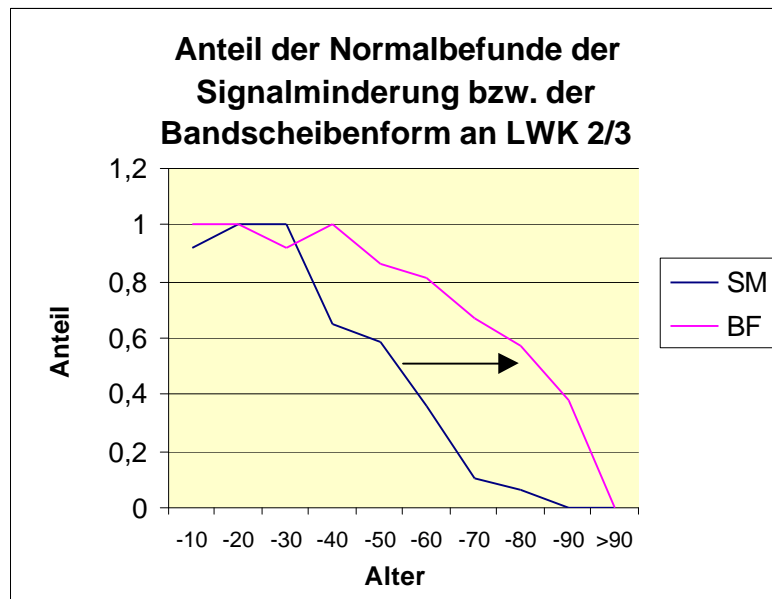


Abb. 45: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK2/3

LWK2/3										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
SIM	0	0	0,06	0,10	0,36	0,58	0,65	1	1	0,91
BF	0	0,38	0,57	0,67	0,81	0,86	1	0,92	1	1

Tabelle 14: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK2/3

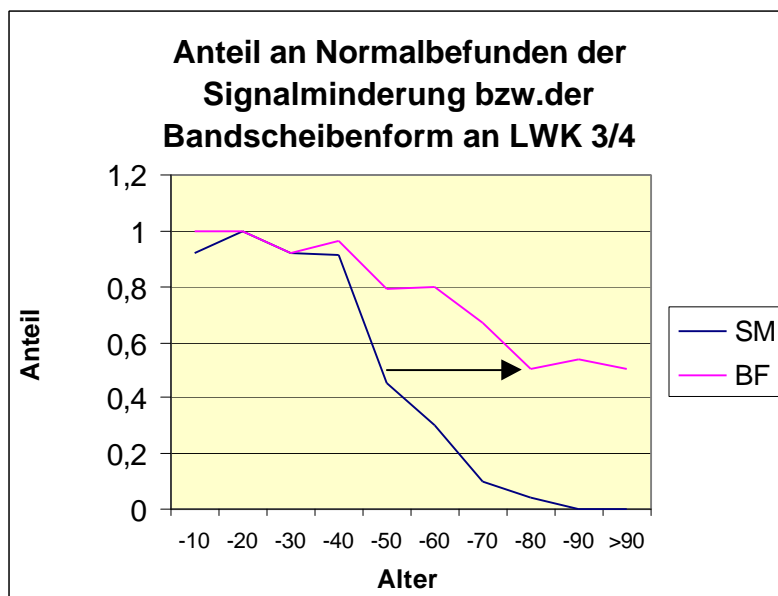


Abb. 46: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK3/4

LWK3/4										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
SIM	0	0	0,04	0,1	0,3	0,45	0,91	0,92	1	0,92
BF	0,5	0,54	0,5	0,67	0,8	0,79	0,96	0,92	1	1

Tabelle 15: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK3/4

LWK4/5										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
SIM	0	0	0,04	0,05	0,22	0,38	0,74	0,75	0,89	0,83
BF	0,5	0,54	0,43	0,64	0,75	0,66	0,74	0,75	0,89	1

Tabelle 16: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK4/5

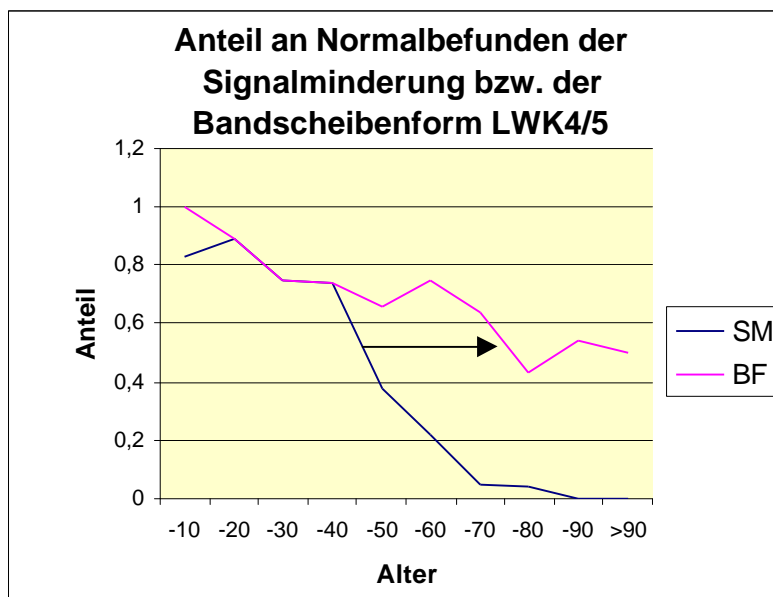


Abb. 47: Altersverlauf der Signalintensitätsminderung gegen die Bandscheibenform an LWK4/5

LWK5/SWK1										
Alter	>90	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
SIM	0	0,15	0	0,2	0,25	0,28	0,7	0,58	0,89	0,83
BF	0,5	0,69	0,72	0,87	0,8	0,72	0,83	0,92	0,94	1

Tabelle 17: Altersverlauf der Signalintensitätsminderung gegen die Bandscheibenform an LWK5/SWK1

Eine Bandscheibendegeneration wird, wenn sie nach der Signalintensitätsminderung beurteilt wird, deutlich früher erkennbar als wenn eine Beurteilung der Bandscheibenformveränderungen erfolgt. Bei direkter Gegenüberstellung der Bandscheibenform mit der Signalintensitätsminderung zeigt sich, daß Bandscheibenformveränderungen erst dann gesehen werden wenn sich bereits Signalintensitätsminderungen unterschiedlicher Ausprägung zeigen. An der Stelle LWK1/2 zeigen unter den bis zu 10-jährigen fast alle (93%) normale Signalintensitäten. Der prozentuale Anteil der Normalbefunde nimmt dann mit zunehmendem Alter stetig ab. Die Bandscheibenform blieb

jedoch bis ins Alter von ca. 50 Jahren weitgehend konstant in unseren Beobachtungen. Erst ab den Geburtsjahrgängen unter 1950 zeigten sich auch zusehends weniger normale Bandscheibenformen.

In der Tabelle 18 sind die Signalintensitätsminderungen (SM) und die Formveränderungen der Bandscheiben (BF) im Zwischenwirbelfach LWK1/2 dargestellt. Hierbei ist zu sehen, daß bei Bandscheiben mit vorliegender Formveränderung fast immer, mit einer Ausnahme, eine bereits fortgeschrittene Signalintensitätsminderung vorliegt.

LWK1/2	SM = 0	SM = 1	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
<b>BF = 0</b>	126	50	52	22	4	0
<b>BF = 1</b>	1	3	12	16	2	6
<b>BF = 2</b>	0	0	2	4	0	3

Tabelle 18: Signalminderung und Formveränderung der Bandscheiben an LWK1/2

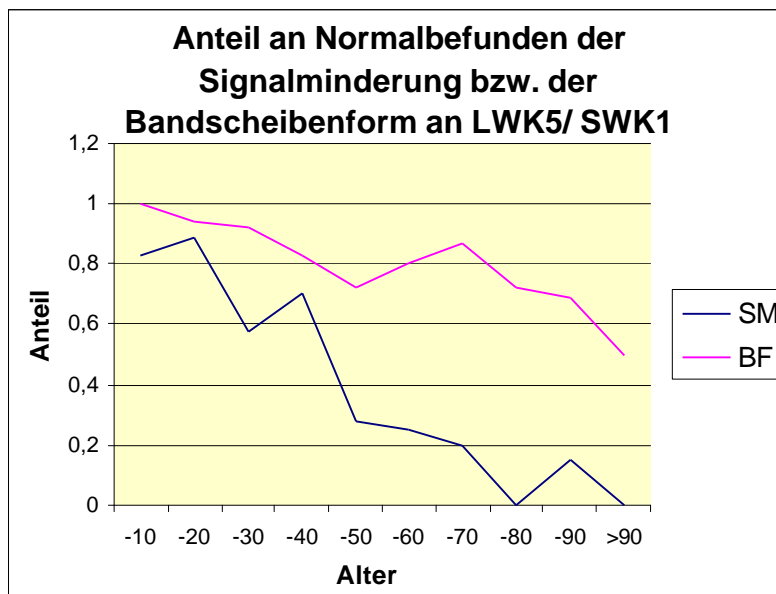


Abb. 48: Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK5/SWK1

Man erkennt, daß bei einer Normalform der Bandscheibe Signalintensitätsminderungen bis zum kompletten Verlust des Bandscheibensignals möglich sind. Dies zeigte sich bei immerhin 2% der Patienten. Knapp 9% der Bandscheiben zeigten deutliche Signalminderungen, jeweils ca. 20% entfielen auf erkennbare Signalminderungen und den Cleft, annähernd 50% zeigten ebenfalls Normalbefunde. Eine graphische Darstellung zeigen die Abbildungen 76-78 beziehungsweise die Tabellen 25-27 im Anhang S.89 f. jeweils für die entsprechenden Bandscheibenformen.

Bei den Bulges und Protrusionen zeigte nur ein Einziger eine normale Signalintensität, dies entspricht 3% der Gruppe. 8% wiesen einen Cleft, 30% erkennbare, 40% deutliche Signalminderungen auf, 5% waren es beim Signalverlust und immerhin 15% mit totalem Bandscheibenverlust.

In der Gruppe der Patienten mit Bandscheibenprolaps gab es lediglich Bandscheiben mit erkennbarer Signalminderung (22%), mit deutlicher Signalminderung (44%) und solche mit komplettem Bandscheibenverlust (33%).

### 2.2.3 Spinalkanalstenosen

In der Untersuchung wurden ebenso spinale Engen und Bandscheibensequester erfaßt. In unserem Patientenkollektiv fanden wir insgesamt an 46 Segmenten relevante Spinalkanalstenosen. Diese verteilten sich auf insgesamt 27 Personen. 9% der Untersuchten zeigten somit an zumindest einer Bandscheibenetage eine spinale Enge auf. Hiervon zeigten 16 Probanden an nur einer Stelle eine Stenose und 11 in mehreren Höhen. Diese teilten sich wiederum in 5 Patienten mit Stenosen in zwei Höhen, 4 mit Einengungen in drei unterschiedlichen Bandscheibenfächern und immerhin 2 Patienten wiesen in vier verschiedenen Höhen relevante Einengungen des Spinalkanals auf.

Spinalkanalstenosen fanden wir erst bei den über 40-jährigen und erst kaudal der Höhe LWK1/2. Das heißt Patienten, die jünger als 40 Jahre alt waren, wiesen in unserer Untersuchung keine spinalen Engen auf. Dies zeigt den Zusammenhang mit degenerativen Veränderungen auf, die mit zunehmendem Lebensalter häufiger werden. Bei Patienten in den Geburtsjahrgängen zwischen 1900 und 1909 wurde an fünf Segmenten Stenosen nachgewiesen, dies entspricht 50% der untersuchten Bandscheibenhöhen diesen Alters. Bei einem Kollektiv von zwei Patienten ist dies nicht sehr aussagekräftig.

Bei den 80 bis 90 Jahre alten Patienten wiesen 14 der untersuchten Bandscheibenhöhen eine Einengung auf. Dies bedeutet, daß 21,5% der untersuchten Bandscheibenhöhen bei 13 Patienten in der entsprechenden Altersgruppe, Stenosen aufwiesen. Die Bandscheibenfächer der Patienten, in einem Alter von 70 bis 80 Jahren, zeigten in 12 Fällen pathologische Befunde, dies sind jedoch gerade einmal 5,2%. Bei den bis zu 70-jährigen fällt der Wert sogar unter 1%, um bei den bis zu 60 jährigen dann wieder auf 2,8% zu steigen. Patienten im Alter zwischen 40 und 50 Jahren ließ sich in nur einem Segment ein pathologischer Befund nachweisen, dies entspricht wiederum nur einem Wert unter 1%.

In Abbildung 49 ist dies graphisch dargestellt. Man sieht eindeutig den altersabhängigen Verlauf des Auftretens von Spinalkanalstenosen.

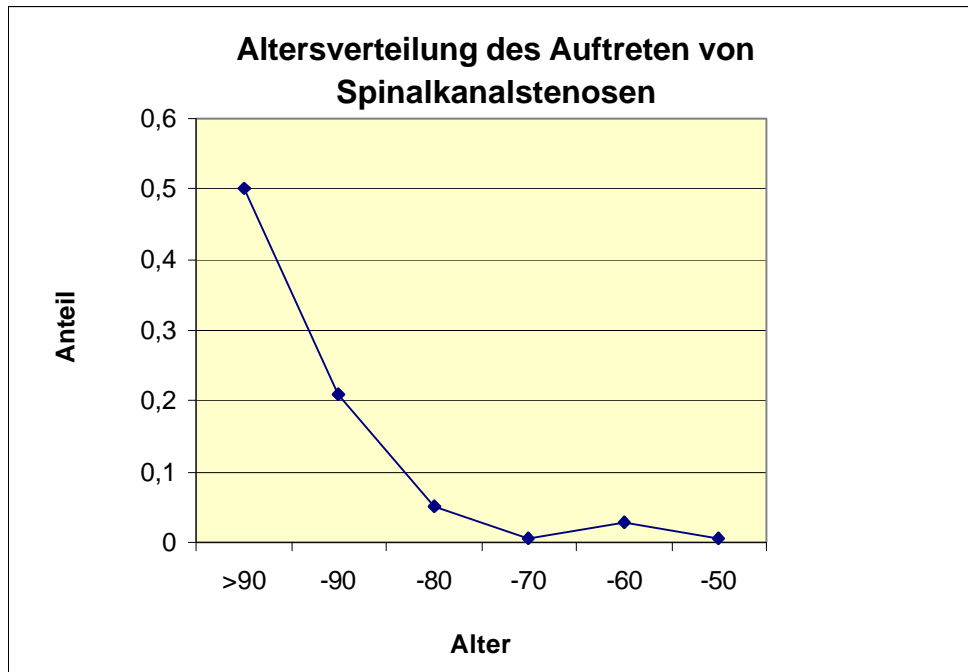


Abbildung 49: Altersverteilung des Auftretens von spinalen Engen

Im Bandscheibenfach LWK1/2 fanden wir überhaupt keine relevanten Spinalkanalstenosen. Erst in den kaudal liegenden Segmenten, zwischen LWK2/3 und LWK5/SWK1, fanden wir solche. An der Stelle LWK2/3 fanden wir bei 10 Patienten eine spinale Einengung, in der darunter folgenden Etage dann bereits 16 dieser Befunde. Aber dieser Wert sistiert dann auch in der Bandscheibenetage LWK4/5. In der Etage LWK5/SWK1 fanden wir dann jedoch nur noch 4 Patienten mit solchen Stenosen. Eine graphische Darstellung hiervon bietet Abbildung 50.



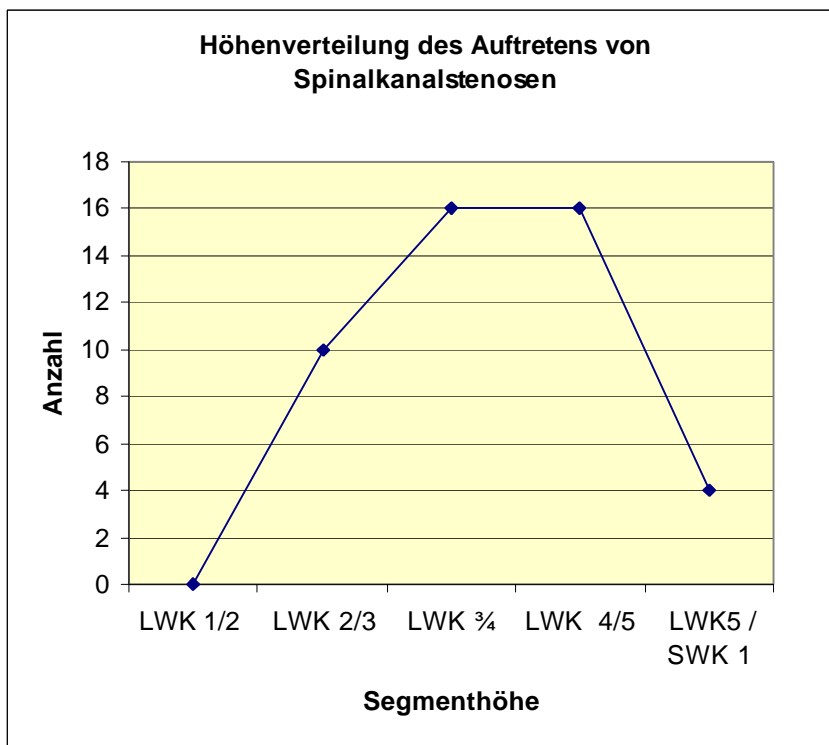


Abbildung 50: Höhenverteilung der spinalen Engen

Bei den Stenosen konnte noch darüber hinaus zwischen knöchernen und bandscheibenbedingten Stenosen unterschieden werden. Von den 46 stenosierten Wirbelabschnitten konnten wir 11 als knöcherne, das heißt nicht durch Bandscheibengewebe verursachte Stenosen, identifizieren. Dies entspricht circa 24% der stenosierten Abschnitte. Auf eine graphische Darstellung der Verteilungen der Stenosen, hinsichtlich der Signalminderung auf der einen Seite und des Alters auf der anderen Seite, wurde aufgrund der geringen Fallzahl verzichtet. Die Verteilung der Stenosen - bezogen auf die jeweilige Bandscheibenhöhe und die entsprechende Signalminderung - ist in Tabelle 19 dargestellt. In Tabelle 20 ist die prozentuale Verteilung der Signalminderungen der jeweiligen Höhen bei vorliegender Spinalkanalstenose aufgezeigt. Die Spinalkanalstenosen verteilten sich auf die Bandscheibenräume LWK2/3 bis LWK5/SWK1. An LWK1/2 wurde keine Spinalkanaleinengung

## 2.2 Hauptteil - Ergebnisse

---

gefunden. Die prozentuale Verteilung der Stenosen bezogen auf die Bandscheibenhöhe ist in Tabelle 21 dargestellt.

	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
LWK2/3	3	2	3	2
LWK3/4	5	6	0	5
LWK4/5	2	8	0	6
LWK5/SWK1	1	1	0	2

Tabelle 19: Anzahl und Signalminderung bei Spinalkanalstenosen bezogen auf die Bandscheibenhöhe

	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
LWK2/3	30	20	30	20
LWK3/4	31,5	37	0	31,5
LWK4/5	12,5	50	0	37,5
LWK5/SWK1	25	25	0	50

Tabelle 20: Prozentualer Anteil der Signalminderungen bei Spinalkanalstenosen der jeweiligen Bandscheibenhöhe

	Anzahl	proz. Anteil
LWK2/3	10	21,7
LWK3/4	16	34,8
LWK4/5	16	34,8
LWK5/SWK1	4	8,7

Tabelle 21: Prozentuale Höhenverteilung der Stenosen

Die Abbildung 51 zeigt die Verteilung der Signalminderung (Balken) der unterschiedlichen stenosierte Bandscheibenhöhen. Aus den Tabellen 19-21 und der Abbildung 50 ist ersichtlich, daß in unserer Studie am häufigsten in den mittleren Bandscheibenetagen Stenosen auftraten. An den stenosierte Stellen bewegte sich die Signalminderung zwischen den Werten der "erkennbaren Signalminderung" bis zum kompletten "Bandscheibenverlust". Wir fanden keine normalen Signalintensitäten und auch keine "Cleft's". Ebenso zeigten sich bei der Betrachtung der Bandscheibenform an stenosierte Stellen keine normalen Bandscheibenformen.

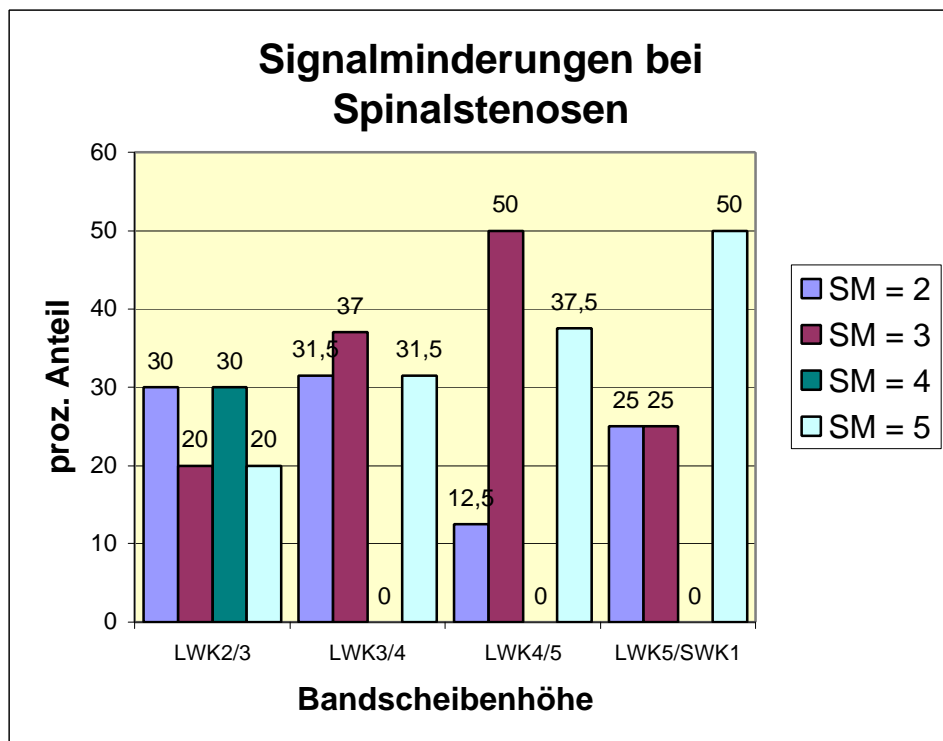


Abbildung 51: Signalminderungen an Stellen mit Spinalkanalstenosen

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in unserer Studie bei 27 der 300 untersuchten Patienten eine relevante Spinalkanalstenose gefunden werden konnte. Dies entspricht einem Prozentsatz von 9%. Wurde die Altersverteilung der erhobenen Befunde berücksichtigt, da Stenosen nur bei den Patienten über 40 Jahren auftraten, ergab sich für die Geburtsjahrgänge von 1900 bis 1959 insgesamt ein Anteil von 11,5%. Dadurch konnte eine klare Altersabhängigkeit und somit eine degenerative Genese des Auftretens von Stenosen gezeigt werden.

Bei der Betrachtung der Höhenabhängigkeit der Spinalkanalstenosen beobachteten wir eine deutliche Häufigkeitszunahme der Stenose von LWK1/2 bis LWK4/5, in der Höhe LWK5/SWK1 jedoch ging diese Häufigkeit wieder zurück.

### 2.2.4    **Sequester**

Bei genau drei der 300 Patienten konnten wir einen Sequester im Spinalkanal erkennen. Alle drei Patienten waren männlich, das Alter betrug 38, 42 und 79 Jahre. Die Sequester wiesen sie einmal in der Höhe LWK3/4 und zweimal in der Höhe LWK4/5 auf. Bei dem Sequester, der auf Höhe LWK3/4 gefunden wurde, wies die dazugehörige Bandscheibe eine erkennbare Signalminderung auf. Bei den in der Höhe LWK4/5 gefundenen Sequester waren bereits deutliche Signalminderungen erkennbar.

Alter / Höhe	70-80	40-50	30-40
LWK3/4		2	
LWK4/5	3		3

Tabelle 22: Signalminderung bei sequestrierten Bandscheiben

Die Zahlen in der Tabelle stehen für :    2 = erkennbare Signalminderung

    3 = deutliche Signalminderung

Wegen der geringen Fallzahl wurde eine weitere tiefgehende Betrachtung der Sequester unterlassen.

### 2.2.5 Rückenform

Es wurde auch die Rückenform beurteilt. Wir unterschieden hierbei unter Normalbefund, Flach- und Hohlrücken. Die Abbildungen 52 bis 54 zeigen noch einmal exemplarisch die einzelnen Rückenformen auf.



Abb.52 : Normalform



Abb.53: Flachrücken



Abb.54 : Hohlrücken

Die Abbildung 52 zeigt einen Normalbefund, daß heißt eine normale Rückenform. Abbildung 53 zeigt einen Flachrücken, und 54 einen Hohlrücken.

Von den 300 ausgewerteten Patienten hatten 226 eine normale Rückenform, 42 einen Flach- und 32 einen Hohlrücken. Die Abbildung 55 zeigt die Verteilung der Rückenformen.

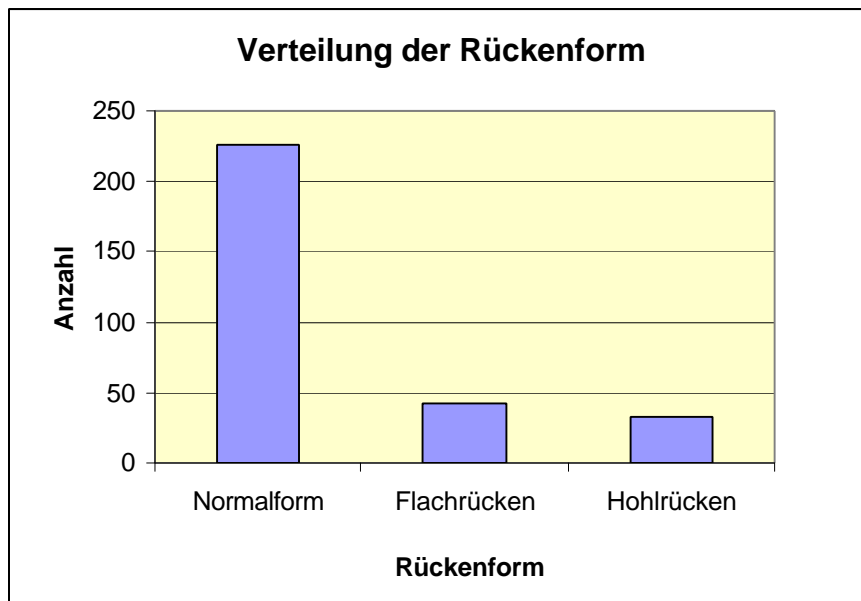


Abbildung 55: Verteilung der Rückenform

Bei der Betrachtung der Rückenformen fallen Unterschiede der Geschlechterverteilung der einzelnen Formvarianten auf. Die normale Rückenform zeigt eine ausgeglichene Geschlechterverteilung, der Flachrücken kommt bei Männern und der Hohlrücken bei Frauen häufiger vor.

Einen Überblick hierzu ermöglichen sowohl die Abbildung 56 als auch die Tabelle 23.

Rückenform Geschlecht	0 = normal	1 = flach	2 = hohl
0 = männlich	118	28	8
1 = weiblich	108	14	23

Tabelle 23: Geschlechterverteilung der Rückenform

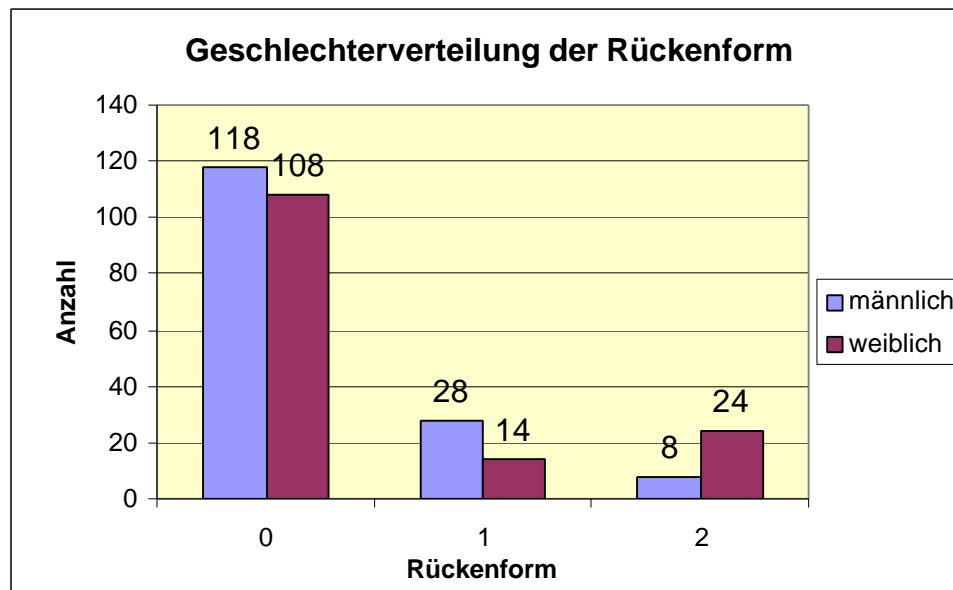


Abbildung 56: Geschlechterverteilung der Rückenform

Wie aus Tabelle 23 und in Abbildung 56 erkennbar ist, bestanden geschlechtsspezifische Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens des Flach- und eines Hohlrückens. 28 von 42 Individuen mit Flachrücken waren männlich (Mann / Frau = 2 / 1), 23 von 31 Individuen mit Hohlrücken waren weiblich (Mann / Frau = 1 / 3). In Abbildung 57 wird der prozentuale Anteil derer mit pathologischer Rückenform am Altersquerschnitt darstellt.



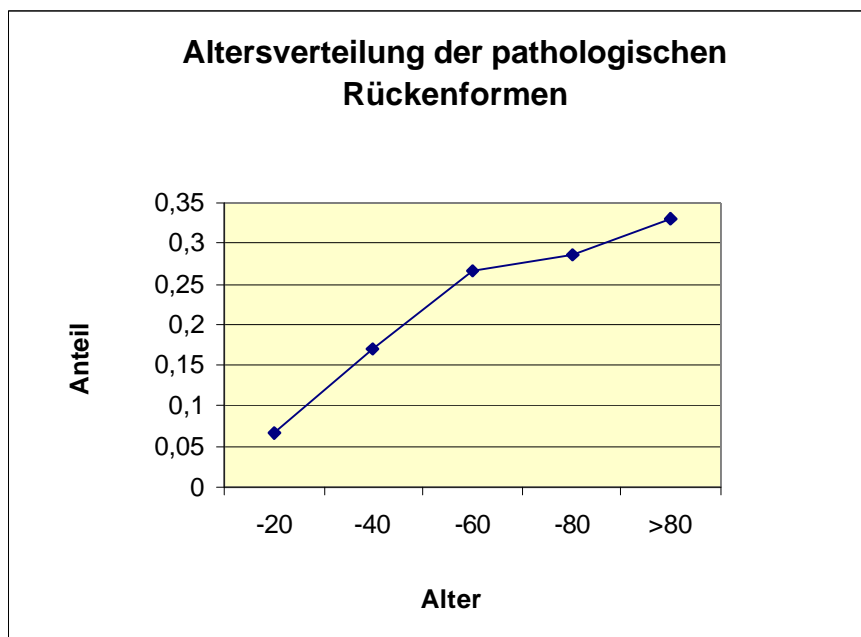


Abbildung 57: Altersverteilung der pathologischen Rückenformen

Es ist zu erkennen, daß die Veränderung der Rückenform altersabhängig und somit degenerativer Natur ist. Unterscheidet man die Veränderung Rückenform in Flach- oder Hohlrücken, so ergeben sich Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Bei der Betrachtung der normalen Rückenform zeigt sich ein in etwa ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. 76% der Männer und 74% der Frauen weisen normale Rückenformen auf. Anders beim Auftreten eines Flachrückens. 18,2% der Männer zeigen einen Flachrücken, jedoch nur 9,6% der Frauen. Andere Verhältnisse bestehen beim Hohlrücken. 15,7% der Frauen haben einen Hohlrücken, dagegen nur 5,2% der Männer. Somit tendieren Männer zum Flachrücken und Frauen zum Hohlrücken im Falle der degenerativen Rückenformveränderung.

Ein Ergebnis der Studie ist auch, daß mit zunehmendem Alter die Häufigkeit des Auftretens von Formveränderungen der Wirbelsäule steigt. Die über 80-jährigen zeigten zu 35% eine anormale Rückenform. Unter den 40 bis 60 beziehungsweise den 60 bis 80-jährigen wiesen noch 26,5% beziehungsweise

28,7% derartige Formveränderungen auf. Bei den Patienten im Alter von 20 bis 40 Jahren waren es nur noch 17%. Die unter 20 jährigen hatten nur zu 6,7% abnorme Rückenformen.

Auf eine weitere Auswertung, wie zum Beispiel der Entwicklung der Bandscheibendegeneration bei den entsprechenden Rückenformen, wurde wegen der kleinen Fallzahl 31 und 42, bei denen zum Teil nur zwei Patienten in einer Altersgruppe waren, nicht mehr ausgearbeitet. Eine Abhängigkeit der Bandscheibendegeneration von der Rückenform konnten wir nicht nachweisen. Da die Rückenformveränderungen vor allem im hohen Alter auftraten - und hier auch meist degenerativ veränderte Bandscheiben vorkommen - wurden keine nennenswerte Unterschiede im Bezug auf die Degeneration (Signalintensität und Bandscheibenform) gefunden. Es zeigten sich weder in der Ausprägung noch in der Häufigkeit deutliche Unterschiede.

### 2.2.6 Lordosewinkel

Die Werte der Lordosewinkel an LWK1/2 bewegten sich um einen Mittelwert von  $0,5^\circ$ , die an LWK2/3 um einen von  $4,5^\circ$ , die an LWK3/4 streuten um einen Wert von  $7^\circ$ , an LWK4/5 um  $13,5^\circ$  und an LWK5/SWK1 um einen Wert von ca.  $20^\circ$  (Abb. 58; Tabelle 24).

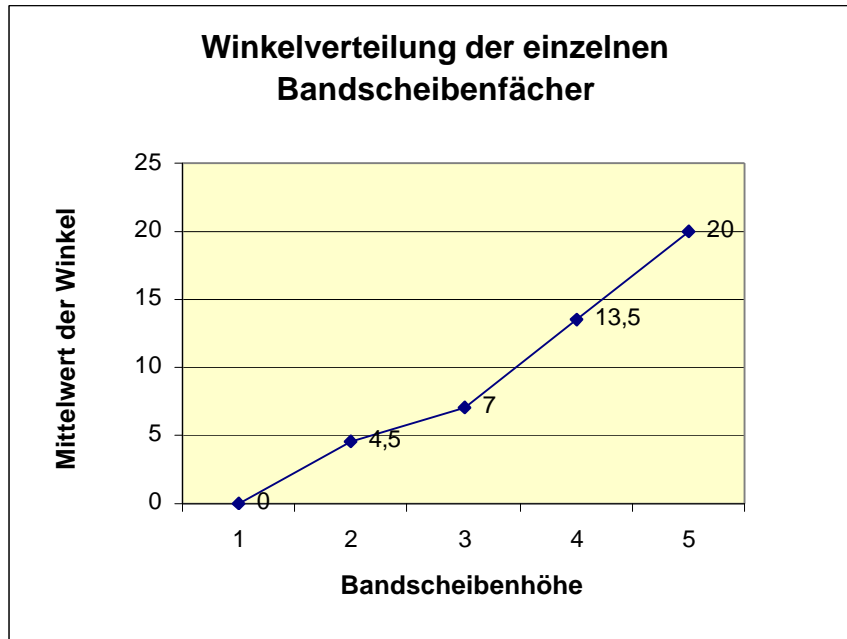


Abbildung 58: Verteilung der Lordosewinkel

	LWK 1/2	LWK2/3	LWK3/4	LWK4/5	LWK5/SWK1
Mittelwert	0,5	4,5	7	13,5	20

Tabelle 24: Mittelwerte der Lordosewinkel

Da sich die Winkel keiner Normalverteilung unterliegen war die Ermittlung der Standardabweichung nicht möglich.

Die Abbildungen 59 bis 63 zeigen die Verteilungen der Lordosewinkel an den Bandscheibenhöhen LWK1/2 bis LWK5/SWK1.

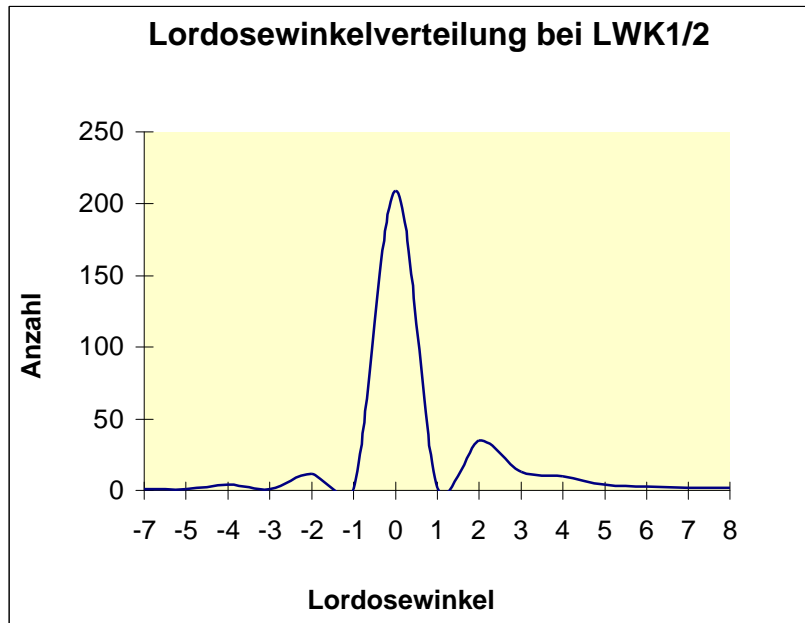


Abbildung 59: Lordosewinkelverteilung an LWK1/2

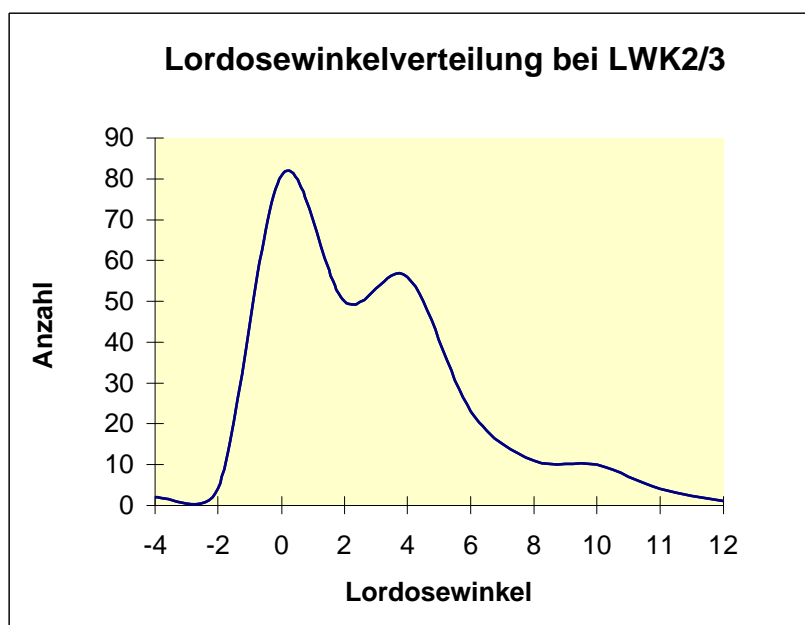


Abbildung 60: Lordosewinkelverteilung an LWK2/3

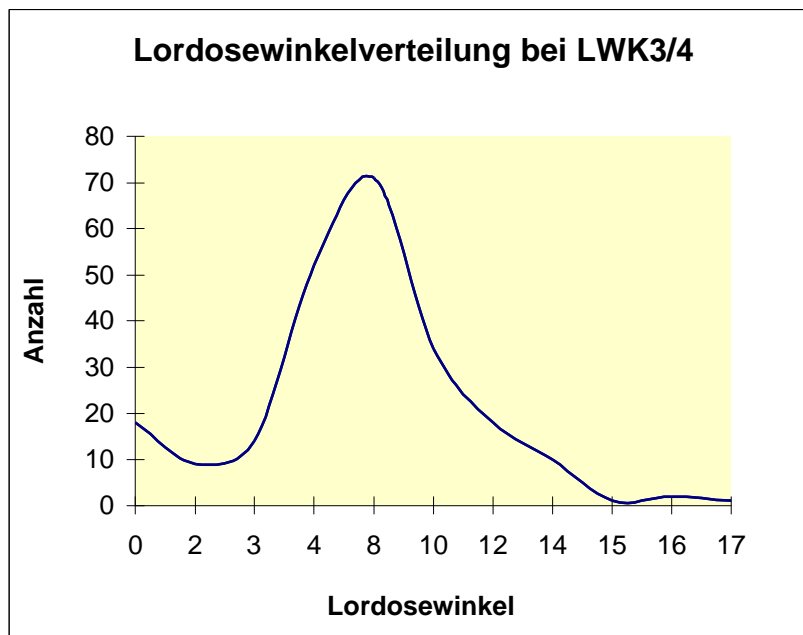


Abbildung 61: Lordosewinkelverteilung an LWK3/4

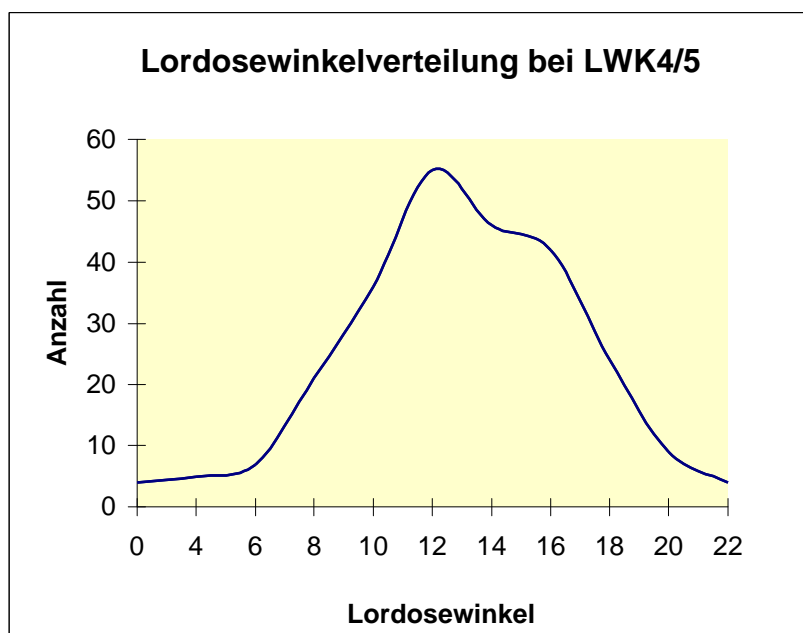


Abbildung 62: Lordosewinkelverteilung an LWK4/5

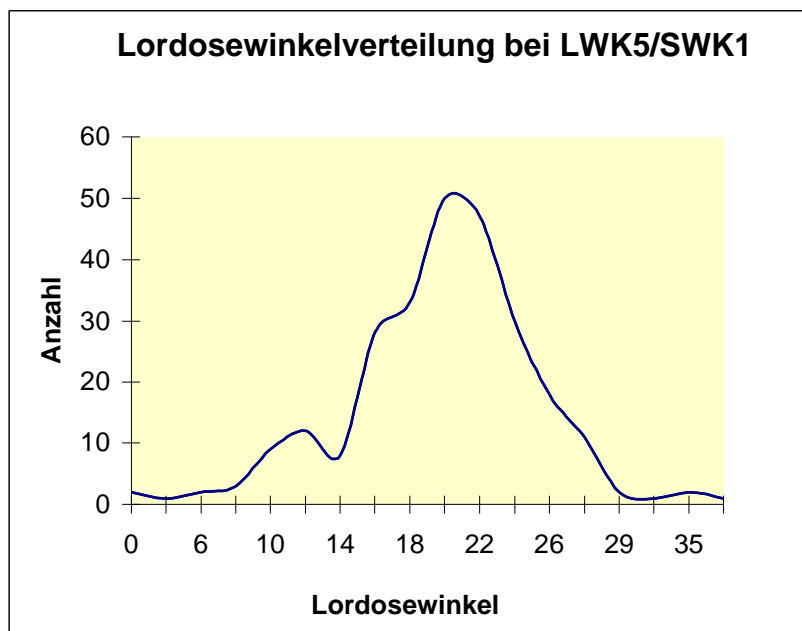


Abbildung 63: Lordosewinkelverteilung an LWK5/SWK1

Die Lordosewinkel streuen in Höhe LWK1/2 um einen Neutralwert von 0,5°. Auch nur geringe Winkelabweichungen kamen selten vor. Obwohl in Höhe LWK5/SWK1 die Lordosewinkel in geringem Umfang ( $\pm 7^\circ$ ) um den Mittelwert von 20° schwanken, finden sich innerhalb dieser Grenzwerte keine Auffälligkeiten bei der Betrachtung der Bandscheibendegeneration. Auch zwischen den Geschlechtern können keine Unterschiede nachgewiesen werden. Die Abbildung 64 zeigt stellvertretend die geschlechtergetrennte Winkelverteilung in Höhe LWK1/2. Wie zu sehen ist, sind dort keine nennenswerte Unterschiede zwischen den Geschlechtern auszumachen.

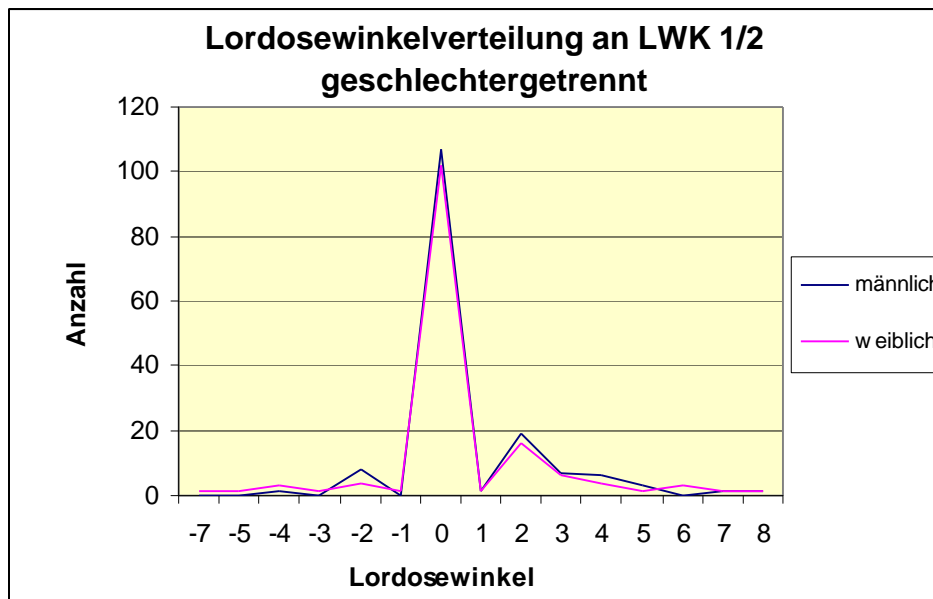


Abbildung 64: Lordosewinkelverteilung an LWK1/2 im Geschlechtervergleich

Im direkten Vergleich ist zu erkennen, daß bei den Männern Winkelabweichungen in einen negativen Bereich seltener vorkommen als bei den Frauen. Bei den Männern kommen nur negative Winkelabweichungen bis zu  $-4^\circ$  vor. Bei den Frauen sind dagegen Abweichungen bis  $-7^\circ$  zu erkennen. Diese Negativabweichungen kommen jedoch nur selten vor. Auffällige Änderungen der Bandscheibendegeneration konnten hierbei nicht ausgemacht werden. Die positiven Winkelabweichungen nivellierten sich bei den Geschlechtern.

Abschließend zu den Lordosewinkeln läßt sich sagen, daß im Bereich der Normalwerte keine Besonderheiten der Signalmindering zu erkennen waren. Außerhalb dieses Bereichs befanden sich zum einen wenige Patienten und zum anderen waren hier auch keine augenscheinlichen Veränderungen der Bandscheibendegeneration - weder in der Häufigkeit des Auftretens noch in der Ausprägung - auszumachen, so daß eine aussagekräftige Tendenz nicht zu erkennen war.

### 3 Diskussion

In unserer Studie befaßten wir uns mit der Bandscheibendegeneration in einer Gruppe von asymptomatischen Probanden. Nach Studie der Patientenakte konnten aus 1248 Patienten 300 ausgewählt werden, die eine Magnetresonanztomographie der Wirbelsäule erhalten haben und schmerzfrei waren.

Grundsätzlich muß der Diskussion unserer Ergebnisse vorangestellt werden, daß eine vergleichbare Geschlechterverteilungen vorliegt, aufgrund des retrospektiven Aufbaus der Studie jedoch keine Aussagen über den zeitlichen Verlauf der Bandscheibendegeneration gemacht werden kann. Das bedeutet, daß wir Momentaufnahmen in verschiedenen Altersgruppen beurteilten und bei diesen Unterschiede und Parallelen heraus arbeiteten und darstellten. Wir zeigten somit nicht den Altersverlauf der Degeneration, sondern die gefundenen Unterschiede der einzelnen Altersstufen.

In der Literatur wurde unter anderem durch Olsewski, Schiebler und Tertti (11-13) bereits der Nachweis erbracht, daß man mit Hilfe des MRT den Grad der Bandscheibendegeneration bestimmen kann. Hutton untersuchte die Änderungen an Chondroitinsulfat der Bandscheiben und korrelierte dies mit Änderungen in der Bildgebung der LWS in unterschiedlichen Degenerationsstufen (8). Stäbler zeigte mittels des MRT's degenerative Veränderungen der LWS und korrelierte diese mit histopathologischen Befunden (9). Auch Hickey (10) betrachtete Bandscheiben. Er fand heraus, daß der Wassergehalt sowohl des Nucleus Polposus als auch der des Annulus Fibrosus sich mit dem Lauf der Zeit verringert. Somit war eine Korrelation zwischen der Degeneration und dem Wassergehalt der Bandscheibe erwiesen. Die Bandscheibendegeneration entsteht also durch abnehmenden Wassergehalt der Bandscheibe und zunehmenden Verlust an Bausubstanz wie Glycosaminglykanen. Die fehlende Flüssigkeit und Bausubstanz wird dann durch Kollagene ersetzt, dies bewiesen unter anderem auch Ziran (23) und Repanti (24). Kollagene können die Stoßdämpferfunktion der Bandscheiben



jedoch nicht gleichwertig ersetzen. Durch diesen Substanzverlust im Nukleus Polposus und im Annulus Fibrosus, verändert sich die Konsistenz der Bandscheiben und somit auch ein Teil ihrer biomechanischen Funktion. Folge hiervon ist ein weiteres Fortschreiten der Degeneration in diesem Bewegungssegment. Es kann bis hin zum Bandscheibenverlust und dem vollständigen Funktionsverlustes des Gelenkes (Intervertebralgelenk) kommen. Jedoch nicht die möglichen Spätfolgen, sondern der Spontanverlauf der Bandscheibendegeneration war Thema der Arbeit. Die MRT, und vor allem T2 gewichtete Sequenzen, lassen eine Beurteilung des Wassergehaltes eines Gewebes zu. Dieser unterschiedliche Wassergehalt spiegelt sich in unterschiedlicher Signalintensität in der magnetresonanztomographischen Bildgebung wieder. Somit ist es möglich die Bandscheibendegeneration, mit Hilfe der MRT, zu bestimmen.

Erklärtes Ziel in unserer Studie war, den altersabhängigen Normalverlauf der Bandscheibendegeneration zu zeigen. Ein normaler Verlauf wurde angenommen, wenn die Ausschlußkriterien nicht anwendbar waren.

Anhand der Einteilung der Bandscheibendegeneration nach der Signalintensität konnten wir in unserer Studie gewisse Abhängigkeiten aufzeigen. Hiervon war die Abhängigkeit der Signalintensitätsminderung vom Alter am eindrucksvollsten. Von unseren 300 untersuchten Patienten zeigten nur 53 (17,6%) in allen Höhen Normalbefunde, weitere 25 (8,3%) in nur einer Höhe einen pathologischen Befund. Hierunter waren fast ausschließlich junge Patienten mit einem Alter unter 30 Jahren. Mit zunehmendem Alter stellten wir eine Zunahme der Bandscheibendegeneration fest. Dieser klare Altersgang findet sich auch in der Literatur wieder. Modic zeigte in einer 1992 veröffentlichten Studie den altersabhängigen Verlauf der Bandscheibendegeneration. Er untersuchte mit Hilfe von MRT-Bildern die Bandscheiben auf Formveränderungen und Änderungen in ihrer Signalintensität. Hierbei war es ihm möglich, wie auch vielen anderen Autoren den altersabhängigen Verlauf der Bandscheibendegeneration aufzuzeigen (15). Auch Aguila (4), Ross (17), Videman (48) und Burns (49) kamen zu diesem Ergebnis. Auch Boden (16, 44), Jensen (2, 43), Olczyk (52), Morgan (53),

Antoniou (54), Burns (49) sowie Stäbler (9), Milette (19) und Modic (47) untersuchten die Bandscheiben mittels MRT und kamen zu ähnlichen Schlußfolgerungen. Desweiteren fanden wir - wie auch die anderen oben genannten Autoren - eine Abhängigkeit der Signalintensitätsminderung von der Segmenthöhe heraus. Es scheint also neben dem Alter auch die Bandscheibenetage eine Rolle zu spielen. In den kaudalen lumbalen Zwischenwirbelfächern fanden wir degenerative Veränderungen häufiger als in den weiter kranial liegenden Etagen. Auch dies wurde durch die meisten der oben genannten Studien bestätigt. Insbesondere Modic (3, 15, 47, 58), Berlemann (25), Jensen (2, 43), Boden (16, 44), Ross (17) und Sether (14, 45) konnten die Abhängigkeit der Signalintensitätsminderung von der Segmenthöhe des Zwischenwirbelraumes ebenfalls aufzeigen.

Wir richteten Augenmerk auch auf potentielle Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Hierbei konnten wir zeigen, daß zwischen den Geschlechtern in unserer Studie nur geringe bis gar keine Unterschiede hinsichtlich der Signalintensitätsminderung auftraten. Die einzelnen Verteilungen sind in 2.2 Ergebnisse aufgeführt.

In der Literatur gibt es hierzu ähnliche aber nicht völlig identische Studienergebnisse. Greenberg (6) veröffentlichte im Jahr 1991 eine Studie mit 66 asymptomatischen Probanden. Hierbei waren 40 weiblich und 26 männlich. Er fand in diesem Patientengut bei den Männern weit aus früher und auch häufiger im Vergleich zu den Frauen degenerative Veränderungen der Bandscheiben.

Powell untersuchte 1986, bei symptomlosen Frauen im Alter zwischen 18-80 Jahren, die Bandscheibendegeneration. Seine Ergebnisse sind ähnlich derer gemischter Studien. Er zeigte einen klaren Altersgang der Degeneration und fand bereits bei Frauen im Alter zwischen 20-40 Jahren einen Anteil von über 35% mit bereits degenerierten Bandscheiben (40). In unserer Studie waren dies in der entsprechenden Altersstufe sogar knapp über 40%.

Ähnliche Ergebnisse veröffentlichte 1986 Weinreb bei einer vergleichenden Studie zwischen beschwerdefreien schwangeren und nicht schwangeren

Frauen (41). Er fand weder Unterschiede zwischen den schwangeren und nicht schwangeren, noch unterschieden sich seine Beobachtungen besonders von denen, die bei Männern gemacht wurden.

1998 zeigte Luoma die Abhängigkeit der Bandscheibendegeneration vom jeweiligen Beruf auf. Er verglich Kraftfahrer mit Büroangestellten und fand heraus, daß Kraftfahrer häufiger Bandscheibenprotrusionen aufwiesen (27). Der Anteil der pathologischen Befunde zeigte sich jedoch unverändert zu den vorher genannten Studien.

Auch Jensen beschrieb 1994 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern (43). Unsere Studie weist eindeutig nach, daß zwischen den Geschlechtern keine nennenswerten Unterschiede, in Bezug auf die Häufigkeit von Signalintensitätsminderung, bestehen. Männer wiesen allenfalls etwas fortgeschrittenere Befunde auf. Die erwähnenswerten Unterschiede die wir herausfanden zeigten sich vor allem bei der Bandscheibenform und der Form des Rückens insgesamt.

Es zeigte sich auch bei der Bandscheibenform eine Abhängigkeit des Degenerationsgrades sowohl vom Alter als auch von der Höhe des Bewegungssegments. Auch diese Beobachtung wird in der Literatur von Modic (3, 15, 47, 58), Berlemann (25), Jensen (2, 43), Boden (16, 44) und Ross (17) beschrieben. Die Formveränderung war in unserer Studie allerdings nicht so früh zu erkennen wie die Signalminderung. In unserer Studie waren die Frühveränderung in Form des Wasserverlustes deutlich früher zu erkennen als die der "Spätveränderungen" in Form von Formveränderungen der Bandscheiben wie Bandscheiben-Bulge, Bandscheiben-Protrusion oder Bandscheibenvorfall. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Luoma (57) überein. Wir konnten Veränderungen der Bandscheibenform erst ab einem Alter von über 60 Jahren in größerem Umfang feststellen. Signalintensitätsminderungen der Bandscheiben entdeckten wir jedoch schon bei Patienten mit 30 Jahren, also deutlich früher.

Kramer (46) unterteilte die Genese der Bandscheibendegeneration in Frühveränderungen - hierunter faßte er die durch Wasserverlust bedingten

Veränderungen im Kernspintomogramm als Signalintensitätsminderung sichtbar zusammen - und in Spätveränderungen, diese stellen Bandscheiben-Bulges, Bandscheiben-Protrusionen oder Bandscheibenvorfälle dar. Ähnliche Beobachtungen machten auch Sether (14), Modic (15) und Milette (19).

Bei der Betrachtung der Bandscheibenform konnten wir Unterschiede im Hinblick auf die unterschiedlichen Geschlechter beobachten. Männer zeigten, bis auf die Bandscheibenhöhe LWK3/4, häufiger Formveränderungen als Frauen. Diese Beobachtung stimmt mit der von Greenberg (6) überein.

Dies könnte mit unterschiedlichen Berufen der Geschlechter, und damit mit unterschiedlicher physischer Belastung auf der einen Seite, jedoch genauso mit dem unterschiedlichem Gewicht der Geschlechter und der dadurch zusammenhängenden höheren Belastung auf der anderen Seite, zusammenhängen. In vielen Arbeiten zu diesem Thema wurde die Bandscheibendegeneration mit den Berufen der Probanden korreliert. Savage untersuchte im Jahr 1997 Männer und versuchte eine Korrelation zwischen dem Beruf sowie dem Alter mit Veränderungen der Bandscheiben herzustellen (18). Ein klarer Zusammenhang konnte hierbei jedoch nicht festgestellt werden. Luoma zeigte 1998 in einer Studie die Abhängigkeit der Bandscheibenformveränderung vom ausgeübten Beruf (27). Es wäre dann zu unterstellen, daß körperliche Arbeit vor allem von Männern ausgeübt wird. Dies könnte den Unterschied in der Bandscheibenform zwischen den Geschlechtern in unserer Studie erklären. Da die Berufe der Probanden nicht ausgewertet wurden, können hierüber keine Aussagen gemacht werden.

Natürlich wären auch andere Erklärungen möglich. Dai L (22) und Fujiwara (26) fanden einen Zusammenhang der Bandscheibendegeneration mit der Beschaffenheit der Deckplatten. Jedoch untersuchten wir die Deckplatten nicht und können demzufolge auch hierüber nur spekulieren.

Goh (55, 56) beschrieb, allerdings für die Brustwirbelsäule, eine Abhängigkeit der Bandscheibendegeneration vom jeweiligen Geschlecht. Er fand ähnlich wie wir bei den Männern häufiger degenerative Veränderungen - im Sinne von Formveränderungen - als bei den Frauen.

Luoma (27) und Savage (18) beschrieben getrennt für die Männer die Abhängigkeiten der Bandscheibenformveränderung von Beruf, Freizeitsport und Statur.

Überraschenderweise stellten wir schon bei Individuen unter 20 Jahren zum Teil beginnende degenerative Veränderungen fest. Wobei hierbei zwischen Signalminderung und Formveränderung differenziert werden muß. Wir fanden bei den Kindern und Jugendlichen ausschließlich Signalintensitätsminderungen, die Bandscheibenform war bei allen Untersuchten als normal eingestuft worden. Die Unterscheidung zwischen dem objektiven Normalbefund und der ersten Stufe der Signalminderung - dem Cleft - ist bei Kindern äußerst schwer, da der Cleft bei Kindern als Normalvariante angesehen wird. Hiervon gehen Aguila und Modic aus (4). Sie beschreiben den Cleft bis zu einem Alter von 30 Jahren - bei normaler Signalintensität - als physiologisch. Erst wenn eine Abschwächung des Bandscheibensignals hinzukommt oder die anderen Bandscheiben keinen "Cleft" aufweisen erhält der Cleft eine pathologische Wertung.

Auch Kakitsubata beschrieb den Cleft in einer ähnlichen Weise (37). Somit ist die Einteilung "Cleft" bei den Jugendlichen irreführend. Die in unserer Studie als Cleft eingestuften jugendlichen Bandscheiben können dadurch nicht erklärt werden. Wir stuften nur dann Bandscheibenbefunde als "Cleft" ein wenn die anderen Bandscheiben diesen nicht aufwiesen.

Obwohl die Degeneration eigentlich bei Kindern nicht vorkommt, beschrieb Jouko (42) bei Kindern mit Rückenschmerzen auch erste Anzeichen für Bandscheibendegeneration. Terti (50) und Salo (51) konnten bei Kindern ebenso degenerative Veränderungen der Wirbelsäule feststellen.

Luoma (57) und Frobin (59) konnten in Studien, bei denen sie die Bandscheibenhöhe und die Signalminderung als Kriterien für die Degeneration heranzogen, ähnliches zeigen.

Eine weitere Beobachtung machten wir bei Patienten mit deutlichen Signalminderungen und auch bei solchen mit vollständigen Signalverlusten. Hier wiesen gewisse Regionen des Zwischenwirbelraumes eine sehr hohe

Signalintensität auf. Hierbei handelt es sich um kleine umschriebene Anulusrupturen bzw. -defekte. Ein Beispiel hierfür gibt die Abbildung 64. Dargestellt ist eine Bandscheibe mit einer bereits deutlichen Signalminderung. Die Zone der hohen Signalintensität ist grün eingekreist (Hochintensitätszone=HIZ).



Abb. 64: HIZ

Wir fanden insgesamt 46 Spinalkanalstenosen, verteilt auf 27 Patienten (9%). Die Stenosen traten weit häufiger bei den älteren Patienten auf (vgl. S.60 ff). Auch dies steht mit der Literatur im Einklang. So zeigte Boden in einer Studie an 67 Patienten, daß Spinalkanalstenosen vor allem bei älteren Patienten zu finden sind (16).

Das Auftreten von Sequestern im Spinalkanal wurde von uns bei nur 3 Patienten diagnostiziert. Auch Jensen MC (2) konnte, bei seiner Untersuchung von symptomlosen Patienten, nur in Ausnahmefällen Sequester im Spinalkanal nachweisen.

Diese Beobachtungen unterscheidet sich gravierend von denen die Wittenberg machte (21). Dieser untersuchte jedoch Patienten präoperativ, also symptomatische Patienten. Somit können seine Ergebnisse mit denen unserer Studie nicht verglichen werden, sondern sie legen den Schluß nahe, daß das Auftreten von Sequestern mit einer gewissen Symptomatik einhergeht.

Auch bei der Rückenform konnten wir gewisse Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen. Bei Abweichungen von der Norm wiesen Männer häufiger einen Flachrücken, Frauen häufiger einen Hohlrücken auf. Ein ursächlicher Zusammenhang wurde hierfür nicht gefunden. Eine Auswirkung der Rückenformveränderung auf die Bandscheibendegeneration im Sinne von Signalintensitätsminderungen oder Bandscheibenformveränderung konnten wir nicht aufzeigen.

## 4 Zusammenfassung

Wir untersuchten die Prävalenz und die Ausprägung der Bandscheibendegeneration im Bereich der LWS. Hierfür arbeiteten wir aus den 1248 Individuen, die im Zeitraum zwischen Januar 1996 und dem August 1999 eine magnetresonanztomographische Untersuchung der LWS bekommen hatten, die schmerzfreien und frei von pathologischen Wirbelsäulenveränderungen heraus. Wir kamen dabei zu einer Fallzahl von n=300. Damit ist dies die zweitgrößte Studie, die bis dato zum Thema des Normalverlaufs der Bandscheibendegeneration bei beschwerdefreien Patienten durchgeführt wurde. Im folgenden werteten wir die T2- gewichteten MRT-Untersuchungen der 300 schmerzfreien Patienten aus (Durchschnittsalter betrug 54,7 Jahre). Im einzelnen bewerteten wir die Signalintensitätsminderung, die Bandscheibenformveränderung, vorliegende Stenosen oder Sequester sowie die Rückenform und die einzelnen Lordosewinkel.

Die Signalminderung wurde von uns in 6 Gruppen unterteilt.

0= normal	1= Cleft
2= erkennbare Signalminderung	3= deutliche Signalminderung
4= Signalverlußt	5=Bandscheibenverlust

Die Bandscheibenformveränderung unterteilten wir in

0= normal,	1= Bulge/Protrusion	2= Bandscheibenvorfall.
------------	---------------------	-------------------------

Wir konnten dadurch zeigen, daß die Bandscheibendegeneration - eingeteilt nach Signalintensitätsminderungen oder Formveränderungen der Bandscheiben - im Alter häufiger gefunden wird.

Neben der Altersabhängigkeit fanden wir, vor allem bei der Einteilung der Signalintensitätsminderung, eine Abhängigkeit von der Höhe des Bandscheibenfaches. In den kranialen Bandscheibenfächern bei LWK1/2 fanden wir nicht so häufig Intensitätsabschwächungen wie in den kaudal davon liegenden Segmenten. In der Höhe LWK5/SWK1 traten Signalminderungen am



häufigsten auf. Diese Beobachtung konnte bei der Bandscheibenform bestätigt werden. Hier beobachteten wir einen klaren Anstieg der Häufigkeit der Formveränderung von LWK1/2 bis LWK4/5. An der Stelle LWK5/SWK1 jedoch ging der Anteil wieder zurück. Erwähnenswerte Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der Signalintensitätsminderung bestanden nicht.

Sehr wohl jedoch hinsichtlich der Bandscheibenform. Hier fanden wir häufiger Formveränderungen bei Männern.

Desweiteren untersuchten wir die Bilder auf vorliegende Spinalkanalstenosen, Sequenzen auf die Rückenform und die Lordosewinkel der jeweiligen Bewegungssegmente. Bei den Spinalkanalstenosen und der Rückenform konnten wir eine klare degenerative Komponente feststellen. Während beim Auftreten von Spinalkanalstenosen lediglich eine Altersabhängigkeit gefunden werden konnte, fanden wir bei Betrachtung der Rückenform nicht nur eine Alters- sondern auch eine Geschlechtsabhängigkeit. Während Männer im Alter zum Flachrücken tendieren, tendieren Frauen eher zum Hohlrücken. Bei der Spinalkanalstenose konnten wir keinen geschlechtsspezifischen Unterschied ausmachen. Bei der Betrachtung der Lordosewinkel konnten wir keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern finden. Hier zeigten sich die größten Winkel und Schwankungen desselben im kaudalsten Bandscheibenfach bei LWK5/SWK1.

Wir konnten mit dieser Studie sowohl für die Bandscheiben als auch für den Rücken und den Spinalkanal die jeweiligen Veränderungen im Alter beschreiben. Bei der Betrachtung der Bandscheiben konnten wir neben der Altersabhängigkeit noch eine gewisse Abhängigkeit von der Segmenthöhe des Zwischenwirbelraumes finden. Sowohl mit zunehmendem Alter als auch mit abnehmender Höhe wurden Normalbefunde hinsichtlich der Signalintensitätsminderung und der Bandscheibenform seltener.

Auch für Spinalkanalstenosen konnte eine Häufung im Alter festgestellt werden. Einzig bei der Rücken- und der Bandscheibenform stellten wir Unterschiede zwischen Mann und Frau fest.

## 5 Anhang

In Abbildung 66-75 ist die Verteilung der Bandscheibenform (BF), in Bezug auf die Segmenthöhe der Bandscheiben geschlechtergetrennt, dargestellt.

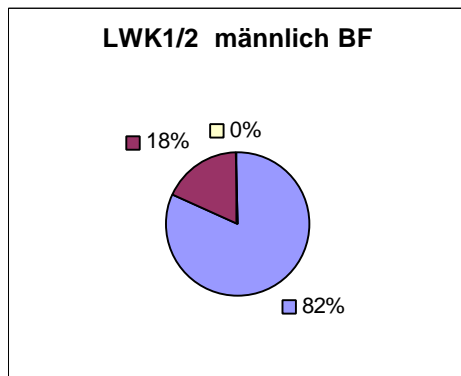
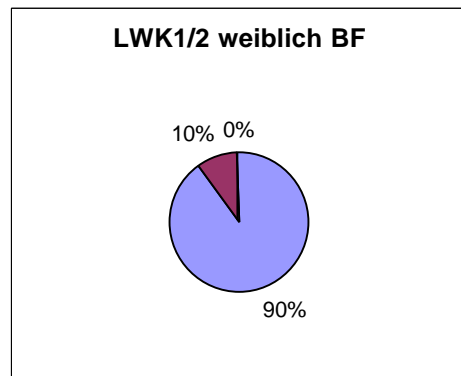
Abb. 66: BF an LWK1/2,  $\Gamma$ 

Abb. 67: BF an LWK1/2, E

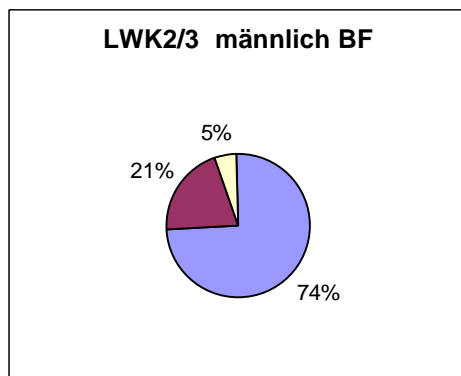
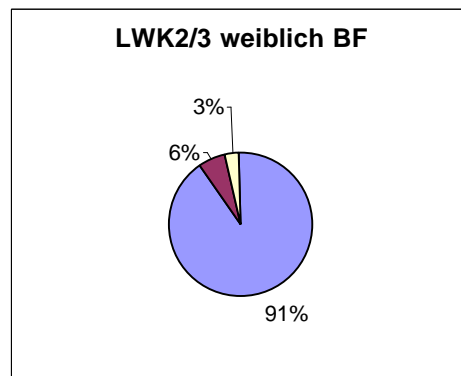
Abb. 68: BF an LWK2/3,  $\Gamma$ 

Abb. 69: BF an LWK2/3, E

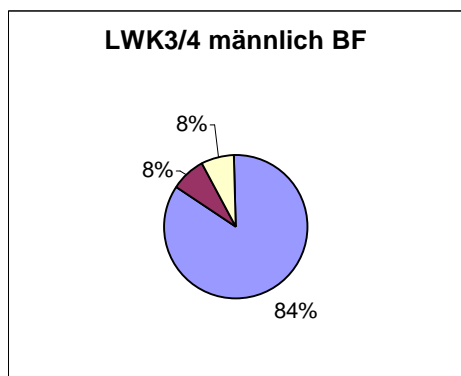
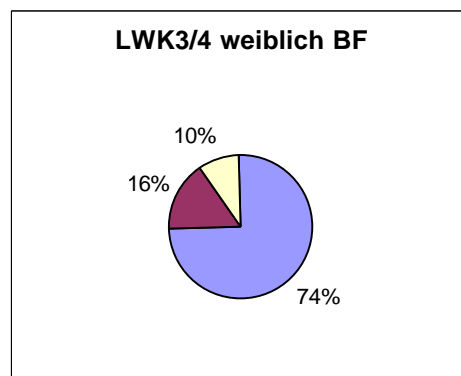
Abb. 70: BF an LWK3/4,  $\Gamma$ 

Abb. 71: BF an LWK3/4, E

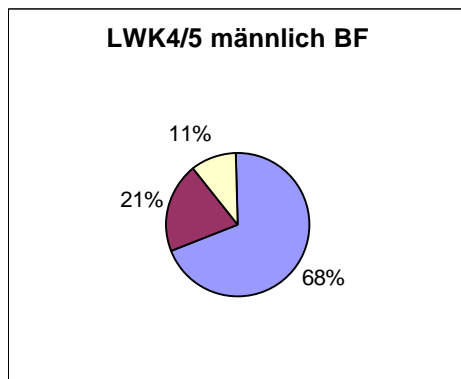


Abb. 72: BF an LWK4/5, ♂

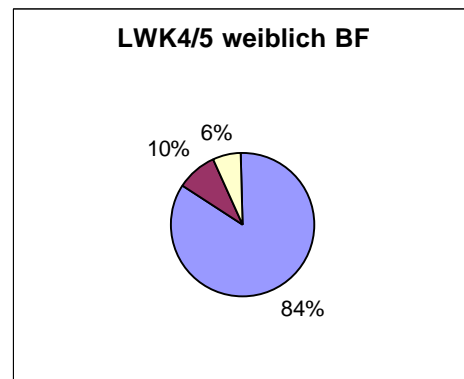


Abb. 73: BF an LWK4/5, ♀

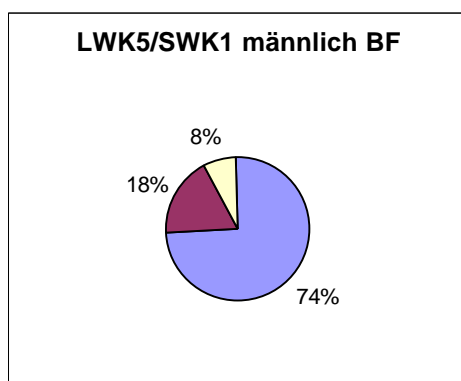


Abb. 74: BF an LWK5/SWK1, ♂

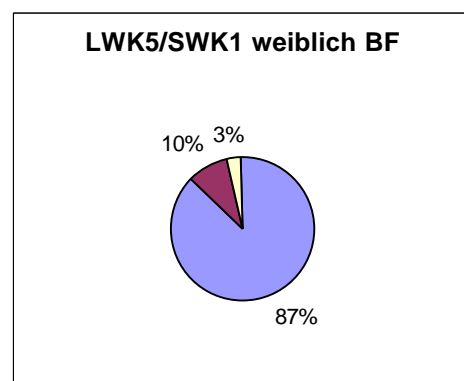


Abb. 75: BF an LWK5/SWK1, ♀

Die Normalbefunde sind hierbei blau, der Bulge und die Protrusion sind lila und die Befunde der Bandscheibenvorfälle sind gelb dargestellt.

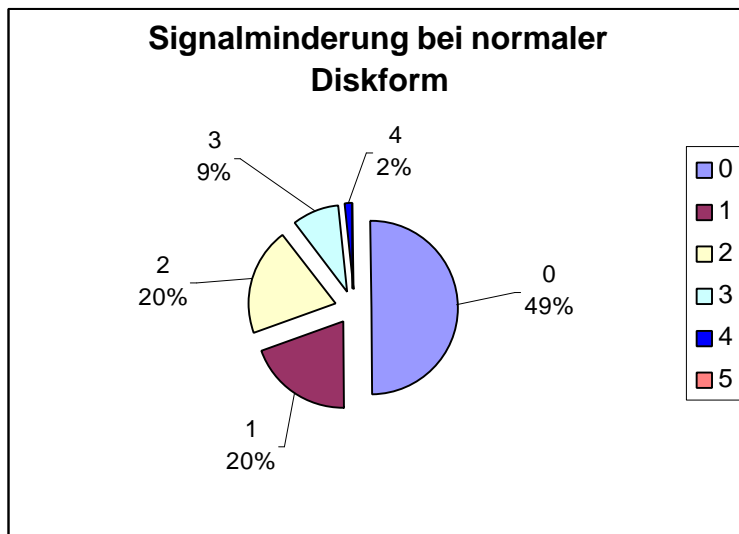


Abbildung 76: Signalminderung (SM) bei normaler Bandscheibenform (BF) an LWK1/2

LWK1/2 / BF = 0	SM = 0	SM = 1	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
Anzahl	126	50	52	22	4	0

Tabelle 25: Signalminderung (SM) bei normaler Bandscheibenform (BF) an LWK1/2

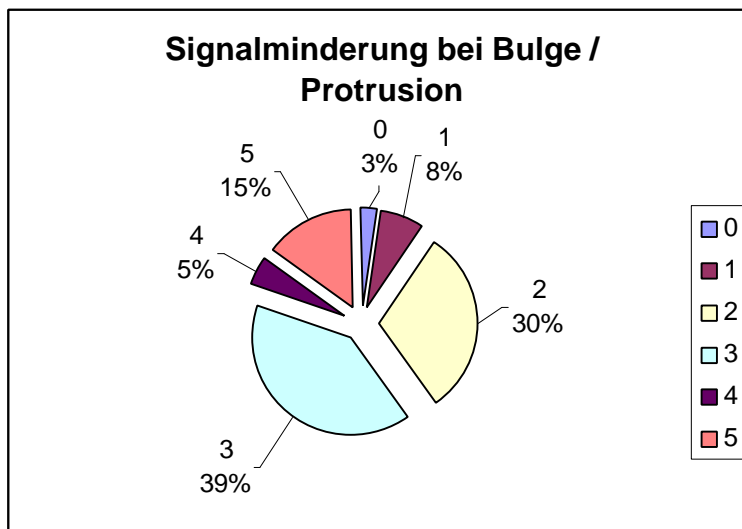


Abb. 77: Signalminderung (SM) bei Bulge / Protrusion an LWK1/2

L1/2 / BF = 1	SM = 0	SM = 1	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
BF = 1	1	3	12	16	2	6

Tabelle 26: Signalminderung (SM) bei Bulge/Protrusion an LWK1/2

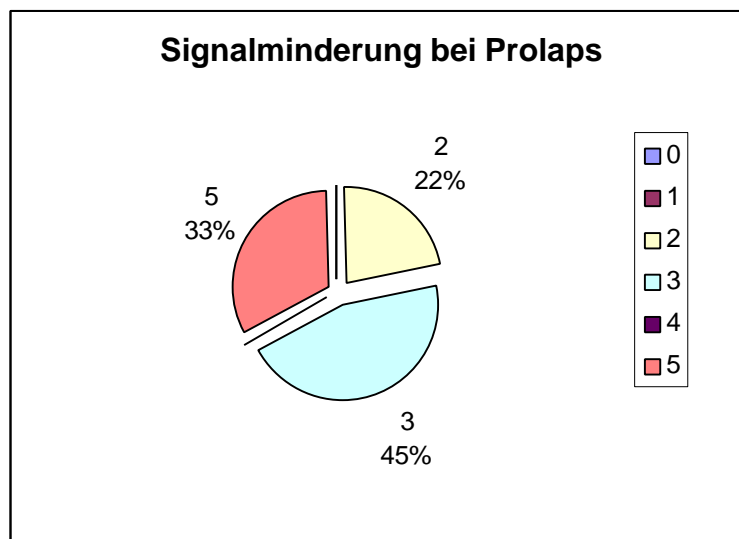


Abb. 78: Signalminderung (SM) bei Prolaps an LWK1/2

LWK1/2 BF = 2	SM = 0	SM = 1	SM = 2	SM = 3	SM = 4	SM = 5
BF = 2	0	0	2	4	0	3

Tabelle 27: Signalminderung (SM) bei Prolaps an LWK1/2

In den Abbildungen 76-78 ist die Verteilung der Signalminderung bei den unterschiedlichen Bandscheibenformen dargestellt. Man erkennt deutlich, daß bei normaler Diskform sich die Signalminderung auch "normal" verhält. Weicht die Diskform jedoch schon etwas von der Normalform ab, so sind bei der Signalintensität so gut wie keine Normalbefunde mehr zu erheben.

Noch deutlicher wird dies bei den Bandscheibenvorfällen.

## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Prävalenz von Rückenschmerzen	4
Abbildung 2: Direkte Krankheitskosten 1994	6
Abbildung 3: Zusammensetzung der Ausschlußgruppe	13
Abbildung 4: Geschlechterverteilung	15
Abbildung 5: Altersverteilung, Auswertzeitpunkt 2000	15
Abbildung 6: Geschlechtergetrennte Altersverteilung	17
Abbildung 7: Zusammensetzung der Gruppe nach Diagnose	19
Abbildung 8: Normalbefund	22
Abbildung 9: Cleft	22
Abbildung 10: erkennbare SM	22
Abbildung 11: deutliche SM	22
Abbildung 12: Signalverlust	22
Abbildung 13: BS-Verlust	22
Abbildung 14: Normalform	24
Abbildung 15: Bulge/Protrusion	24
Abbildung 16: BS - Vorfall	24
Abbildung 17: Sequester	24

	Seite
Abbildung 17a Sequester	24
Abbildung 18 Stenose	25
Abbildung 18a Stenosen	25
Abbildung 19 Normal	26
Abbildung 20 Flachrücken	26
Abbildung 21 Hohlrücken	26
Abbildung 22 Lordosewinkel	27
Abbildung 23: Verteilung der Signalminderung der Bandscheiben	29
Abbildung 24 Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK1/2	31
Abbildung 25 Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK2/3	31
Abbildung 26 Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK3/4	32
Abbildung 27 Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK4/5	32
Abbildung 28 Prozentualer Anteil der Normalbefunde an LWK5/SWK 1	33
Abbildung 29 Normalbefunde der Bandscheibenhöhen	36
Abbildung 30 Prozentualer Anteil an Normalbefunde in allen Bandscheibenhöhen	37
Abbildung 31 Verteilung der Signalminderung an LWK1/2	38
Abbildung 32 Verteilung der Signalminderung an LWK2/3	39
Abbildung 33 Verteilung der Signalminderung an LWK3/4	39
Abbildung 34 Verteilung der Signalminderung an LWK4/5	40
Abbildung 35 Verteilung der Signalminderung an LWK5/SWK1	40
Abbildung 36 Geschlechtervergleich der Bandscheibendegeneration an LWK2/3	41
Abbildung 37 Geschlechtergetrennte Verteilung der Normalbefunde an LWK2/3	41
Abbildung 38 Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK1/2	49

		Seite
Abbildung 39	Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK2/3	49
Abbildung 40	Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK3/4	50
Abbildung 41	Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK4/5	50
Abbildung 42	Altersverlauf der normalen Bandscheibenform an LWK5/SWK 1	51
Abbildung 43	Geschlechterverteilung bei Bandscheibennormalform	52
Abbildung 44	Altersverlauf der Signalminderung (SM) gegen die Bandscheibenform (BF) an LWK1/2	54
Abbildung 45	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK2/3	55
Abbildung 46	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK3/4	56
Abbildung 47	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK4/5	57
Abbildung 48	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK5/SWK1	58
Abbildung 49	Altersverteilung des Auftretens von spinalen Engen	61
Abbildung 50	Höhenverteilung der spinalen Engen	62
Abbildung 51	Signalminderungen an Stellen mit Spinalkanalstenosen	64
Abbildung 52	Normalform	67
Abbildung 53	Flachrücken	67
Abbildung 54	Hohlrücken	67
Abbildung 55	Verteilung der Rückenform	68
Abbildung 56	Geschlechterverteilung der Rückenform	69
Abbildung 57	Altersverteilung der pathologischen Rückenformen	70
Abbildung 58	Verteilung der Lordosewinkel	72
Abbildung 59	Lordosewinkelverteilung an LWK1/2	73
Abbildung 60	Lordosewinkelverteilung an LWK2/3	73



		Seite
Abbildung 61	Lordosewinkelverteilung an LWK3/4	74
Abbildung 62	Lordosewinkelverteilung an LWK4/5	74
Abbildung 63	Lordosewinkelverteilung an LWK5/SWK1	75
Abbildung 64	Lordosewinkelverteilung an LWK1/2 im Geschlechtervergleich	76
Abbildung 65	HIZ	83
Abbildung 66	BF an LWK1/2, $\Gamma$	87
Abbildung 67	BF an LWK1/2, E	87
Abbildung 68	BF an LWK2/3, $\Gamma$	87
Abbildung 69	BF an LWK2/3, E	87
Abbildung 70	BF an LWK3/4, $\Gamma$	87
Abbildung 71	BF an LWK3/4, E	87
Abbildung 72	BF an LWK4/5, $\Gamma$	88
Abbildung 73	BF an LWK4/5, E	88
Abbildung 74	BF an LWK5/SWK1, $\Gamma$	88
Abbildung 75	BF an LWK5/SWK1, E	88
Abbildung 76	Signalminderung (SM) bei normaler Bandscheibenform (BF) an LWK1/2	89
Abbildung 77	Signalminderung (SM) bei Bulge / Protrusion an LWK1/2	89
Abbildung 78	Signalminderung (SM) bei Prolaps an LWK1/2	90

**6.2 Tabellenverzeichnis**

		Seite
Tabelle 1:	Zusammensetzung der Gruppe nach Geschlecht	14
Tabelle 2:	Alters- und Geschlechterverteilung unserer Gruppe	16
Tabelle 2a:	Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Altersgruppen gesamt	17
Tabelle 3:	Prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Altersgruppen geschlechtergetrennt	18
Tabelle 4:	Zusammensetzung der Gruppe nach Diagnose	19
Tabelle 5:	Einteilung der Signalminderung der Bandscheiben	21
Tabelle 6:	Prozentualer Anteil an Normalbefunden in den jeweiligen Bandscheibenetagen und Altersgruppen	30
Tabelle 7:	Befundübersicht (Signalminderung)	37
Tabelle 8:	Verteilung der Befunde der Signalminderung	44
Tabelle 9:	Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf die Etage	46
Tabelle 10:	Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf das Alter an LWK1/2	46
Tabelle 11:	Verteilung der Bandscheibenform bezogen auf das Alter an LWK2/3 - LWK5/SWK1	47
Tabelle 12:	Bandscheibenformverteilung bezogen auf Geschlecht und Höhe	51
Tabelle 13	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK1/2	54
Tabelle 14	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK2/3	55

		Seite
Tabelle 15	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK3/4	56
Tabelle 16	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK4/5	56
Tabelle 17	Altersverlauf der Signalminderung gegen die Bandscheibenform an LWK5/SWK1	57
Tabelle 18	Signalminderung und Formveränderung der Bandscheiben an LWK1/2	58
Tabelle 19	Anzahl und Signalminderung bei Spinalkanalstenosen bezogen auf die Bandscheibenhöhe	63
Tabelle 20	Prozentualer Anteil der Signalminderungen bei Spinalkanalstenosen der jeweiligen Bandscheibenhöhe	63
Tabelle 21	Prozentuale Höhenverteilung der Stenosen	63
Tabelle 22	Signalminderung bei sequestrierten Bandscheiben	66
Tabelle 23	Geschlechterverteilung der Rückenform	68
Tabelle 24	Mittelwerte der Lordosewinkel	72
Tabelle 25	Signalminderung (SM) bei normaler Bandscheibenform (BF) an LWK1/2	89
Tabelle 26	Signalminderung (SM) bei Bulge /Protrusion an LWK1/2	89
Tabelle 27	Signalminderung (SM) bei Prolaps an LWK1/2	90

### 6.3 Literaturverzeichnis

- 1) Eyre D, Benya P, Buckwalter J, et al. Intervertebral disc: basic science perspectives. In :Frymoyer JW, Gordon LS, eds.  
New Perspectives on low back pain. Park Ridge Ill: American Academy of Orthopedic Surgeons, 1989;147-207
- 2) Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS  
Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain.  
N Engl J Med. 1994;331(2):69-73
- 3) Modic MT, Pavlicek W, Weinstein MA, Ngo F, Hardy R, Duchesneau PM.  
Magnetic resonance imaging of intervertebral disk disease. Clinical and pulse sequence considerations.  
Radiology. 1984;152(1):103-11
- 4) Aguila LA, Piraino DW, Modic MT, Duchesneau PM, Weinstein MA.  
The intranuclear cleft of the intervertebral disk: magnetic resonance imaging.  
Radiology. 1985;155(1):155-8
- 5) Glenn WV, Burnett K, Rauschnig W  
MRI of the lumbar spine.  
Milwaukee,WI: General Electric, 1986

- 6) Greenberg JO, Schell RG  
Magnetic Resonance Imaging of the lumbar spine in asymptomatic adults:  
J Neuroimaging 1991;1:2-7
- 7) Erkintalo MO, Kormano MJ  
Development of degenerative changes in the lumbar Intervertebral disk:  
Results of a prospective MRI study in adolescent with and without low-back  
pain.  
Radiology 1995;196:529-533
- 8) Hutton WC, Elmer WA, Boden SD, Horton WC, Carr K  
Analysis of chondroitin sulfate in lumbar intervertebral discs at two different  
stages of degeneration as assessed by discogram.  
J Spinal Disord. 1997;10(1):47-54
- 9) Stäbler A, Weiss M, Scheidler J, Krödel A, Seiderer M, Reiser M  
Degenerative disk vascularization on MRI: correlation with clinical and  
histopathologic findings.  
Skeletal Radiol. 1996;25(2):119-26
- 10) Hickey DS, Aspden RM, Hukins DW, Jenkins JP, Isherwood I  
Analysis of magnetic resonance images from normal and degenerated  
lumbar intervertebral discs.  
Spine 1986;11(7):702-8
- 11) Olsewski JM, Schendel MJ, Wallace LJ, Ogilvie JW, Gundry CR  
Magnetic resonance imaging and biological changes in injured intervertebral  
discs under normal and increased mechanical demands  
Spine. 1996;21(17):1945-51

- 12) Schiebler ML, Camerino VJ, Fallon MD, Zlatkin MB, Grenier N, Kressel HY  
In vivo and ex vivo magnetic resonance imaging evaluation of early disc degeneration with histopathologic correlation.  
Spine. 1991;16(6):635-40
  
- 13) Terti M, Paajanen H, Laato M, Aho H, Komu M, Kormanc M  
Disc degeneration in magnetic resonance imaging. A comparative biochemical, histologic, and radiologic study in cadaver spines.  
Spine. 1991;16(6):629-34
  
- 14) Sether LA, Yu S, Haughton VM, Fischer ME  
Intervertebral disk: normal age-related changes in MR signal intensity  
Department of Anatomy, Medical College of Wisconsin, Froedtert Memorial Hospital, Milwaukee 53226.  
Radiology 1990;177(2):385-8
  
- 15) Modic MT, Herfkens RJ  
Intervertebral disk: normal age-related changes in MR signal intensity.  
Radiology. 1990;177(2):332-3; discussion 333-4
  
- 16) Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW  
Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation.  
J Bone Joint Surg Am 1990;72(3):403-8
  
- 17) Ross JS, Modic MT  
Current assessment of spinal degenerative disease with magnetic resonance imaging.  
Clin. Orthopedic 1992;(279):68-81

- 18) Savage RA, Whitehouse GH, Roberts N  
The relationship between the magnetic resonance imaging appearance of the lumbar spine and low back pain, age and occupation in males.  
European Spine Journal, 6(2):106-14 1997
- 19) Milette PC, Fontaine S, Lepanto L, Cardinal E, Breton G  
Differentiating lumbar disc protrusions, discs with normal contour but abnormal signal intensity. Magnetic resonance imaging with discographic correlations.  
Spine, 1999,24(1):44-53
- 20) Weisshaupt D, Zanetti M, Hodler J, Boos N  
MR imaging of the lumbar spine: prevalence of intervertebral disk extrusion and sequestration, nerve root compression, end plate abnormalities, and osteoarthritis of the faced joints in asymptomatic volunteers.  
Radiology, 1998; 209(3): 661-6
- 21) Wittenberg RH, Lutke A, Longwitz D, Greskotter KH, Willburger RE, Schmidt K, Plafki C, Steffen R  
The correlation between magnetic resonance imaging and the operative and clinical findings after lumbar microdiscectomy.  
Int Orthop 1998;22(4):241-4
- 22) Dai L  
The relationship between vertebral body deformity and disc degeneration in lumbar spine of the senile.  
Europ. Spine J; 1998;7(1);40-44

- 23) Ziran BH, Pineda S, Pokharna H  
Biochemical, radiologic and histopathologic correlation in the pathogenesis of experimental intervertebral disc disease.  
Spine, 1994; 19(19):2159-63
- 24) Repanti M, Koroivessis PG, Stamatakis MV, Spastris P, Kosti P  
Evolution of disc degeneration of the lumbar spine: a comparative histological study between herniated and postmortem retrieved disc specimens.  
J Spinal Disorder; 1998; 11(1):41-45
- 25) Berlemann U, Gries NC, Moore RJ  
The relationship between height, shape and histologic changes in early degeneration of the lower lumbar discs.  
Europ. Spine J, 1998; 7(3):212-17
- 26) Fujiwara A, Tamai K, Kurihashi A  
The relationship between facet joint osteoarthritis and disc degeneration of the lumbar spine: an MRI study.  
Europ. Spine J, 1999; 8(5):396-401
- 27) Luoma K, Riihimäki H, Raininko R, Luukonen R  
Lumbar disc degeneration in relation to occupation.  
Scand J Work Environ Health, 1998; 24(5):358-66



- 28) Stäbler A, Baur A, Krüger A, Weiss M, Helmberger T, Reiser M  
Differential diagnosis of erosive osteochondrosis and bacterial spondylitis:  
magnetic resonance tomography (MRT)  
Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 1998;168(5):421-428
  
- 29) Stäbler A, Weiss M, Reiser M  
MRI of enhancing intraosseus disk herniation ( Schmorl`s nodes)  
AJR 1997; 168: 933- 938
  
- 30) Swischuk LE, John SD Allbery S  
Disk degenerative disease in childhood: Scheuermann`s diseaase,  
Schmorl`s nodes and the limbus vertebra: MRI finding in 12 patients  
Pediatr Radiol. 1998;28(5):334-8
  
- 31) Gesundheitsberichterstattung des Bundes:  
Kapitel 5.11 Dorsopathien [Gesundheitsbericht für Deutschland 1998]
  
- 32) Bolten W, Pförringer W  
Med Klin. 1998 15;93(6):388-93
  
- 33) Pförringer W  
Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1997;135(4):Oa10-1
  
- 34) Gesundheitsberichterstattung des Bundes:  
Kapitel 8.6 Kosten nach Krankheitsarten [Gesundheitsbericht für  
Deutschland 1998]

- 35) Dullerud R  
Diagnostic imaging in lumbago and sciatica  
Ugeskr Laeger 1999; 161(38):5299-303
  
- 36) Kikuchi S  
Values and problems in MRI for the evaluation of low back pain  
Semin Musculoskelet Radiol 2001;5(2):127-8
  
- 37) Kakitsubata Y, Nabeshima K, Kakitsubata S, Harada K, Watanabe K  
Clinical significance of the lumbar intervertebral disk on MRI  
Nippon Igaku Hoshasen G.Z. 1989;49(1):42-7
  
- 38) Maravilla KR, Lesh P, Weinreb JC, Mooney V  
MRI of the lumbar spine with CT correlation  
AJNR 1985;6(2):237-45
  
- 39) Gualdi GF, Trasimeni G, Ianilli M  
Role of CT and MR in the assessment of lumbar degenerative disk disease  
Clin. Ter. 1995; 146(10):635-48
  
- 40) Powell MC, Wilson M, Worthington BS  
Prevalence of lumbar disc degeneration observed by MRI in symptomless women.  
Lancet 1986;2(8520):1366-7
  
- 41) Weinreb JC, Wolbarsht LB, Maravilla KR  
Prevalence of lumbosacral intervertebral disk abnormalities on MR images in pregnant and asymptomatic nonpregnant women.  
Radiology 1989;170 (1 Pt 1):125-8

- 42) Jouko J. Salminen, Minna Erkintalo  
Low back pain in the Young.  
Spine Vol. 20, Nr. 19, 2101-08
  
- 43) Jensen MC, Kelly AP, Brant-Zawadzki MN  
MRI of degenerative disease of the lumbar spine.  
Magn Resonance Q, 1994; 10(3):173-90
  
- 44) Boden SD  
The Use of Radiographic Imaging Studies in the Evaluation of Patients Who  
have Degenerative Disorder of the Lumbar Spine.  
JBJS Vol. 78-A, NO. 1, Jan 1996
  
- 45) Sether LA, Yu S, Haughton VM, Fischer ME  
Criteria for Classifying Normal and Degenerated Lumbar Intervertebral  
Discs.  
Radiology 1989;170:523-26
  
- 46) Kramer J, Kainberger F, Imhof H  
Moderne Bandscheibendiagnostik  
Radiologe 1993; 33:567-72
  
- 47) Modic MT, Masaryk TJ, Paushter MD  
MRI of the Spine  
Radiologic Clinics of North America-Vol.24, No. 2, 1986
  
- 48) Videman T, Battié MC, Gill K, Fisher LD  
MRI Findings and their Relationship in the Thoracic and Lumbar Spine.  
Spine, Vol. 20, Nr. 8, pp 928-35;1995

- 49) Burns JW, Loecker TH, Fischer JR, Bauer DH  
Prevalence and Significance of Spinal Disc Abnormalities in an  
Asymptomatic Acceleration Subject Panel.  
Aviation, Space, Environment, Medicine, 1996; Vol. 67, No. 9,
- 50) Terti MO, Salminen JJ, Paaanen HEK, Kormano MJ  
Low -Back Pain and Disc Degeneration in Children: A Case-Control MRI  
Study.  
Radiology 1991,180:503-07
- 51) Salo S, Paaanen H, Alanen A  
Disc degeneration of pediatric Patients in lumbar MRI.  
Pediatric Radiology, 1995; 25(3):186-9
- 52) Olczyk K  
Age-related changes in proteoglycans of human intervertebral discs.  
Z Rheumatol, 1994 ;53(1):19-25
- 53) Morgan S, Saifuddin A  
MRI of the lumbar intervertebral disc.  
Clin. Radiol, 1999; 54(11):703-23
- 54) Antoniou J, Pike JB, Alini M  
Quantitative MRI in the assesment of degenerative disc desease.  
Magn Reson Med, 1998;40(6):900-7
- 55) Goh S, Tan C, Price RI, Edmondston SJ, Singer KP  
Influence of age and gender on thoracic vertebral body shape and disc  
degeneration: an MR investigation of 169 cases  
J Anat 2000;197 Pt 4:647-57

- 56) Goh S, Price RI, Song S, Davis S, Singer KP  
MR-based vertebral morphometrie of the thoracic spine: age, gender and level specific influences.  
Clin Biomech 2000;15(6):417-25
- 57) Luoma K, Vehmas T, Riihimaki H, Raininko R  
Disc height and signal intensity of the nucleus polposus on magnetic resonance imaging as indicators of lumbar disc degeneration  
Spine 2001 ;15;26(6):680-6
- 58) Modic MT, Steionberg PM, Ross JS, Carter JR  
Degenerative disc disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging  
Radiology 1988;166:193-99
- 59) Frobin W, Brinckmann P, Kramer M, Hartwig E  
Height of the lumbar discs measuredn from radiographs compared with degeneration and height classified from MRI  
Eur Radiol 2001;11(2):263-9
- 60) Chen YL  
Vertebral centroid measurement of the lumbar lordosis compared with the Cobb technique  
Spine 1999;24(17):1786-90

## **7 Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Stäbler, er hat die Auswertung der MR-Tomographien durchgeführt. Er brachte der Arbeit größtes Interesse entgegen und war allzeit mit Rat und Tat zur Stelle. Desweiteren danke ich dem mittlerweile verstorbenen Herrn Dr. Robert Bosch, ehemaliger Oberarzt in der Klinik für Orthopädie. Er hatte die Idee für die Arbeit. Desweiteren bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Reiser, der sein Institut für die Arbeit zur Verfügung stellte. Ein weiterer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Plitz der in schweren Stunden immer ein offenes Ohr hatte. Außerdem will ich mich bei Herrn Busekros bedanken. Er war mir bei der Planung und Programmierung der Access - Datenbank sowie bei Problemen mit der EDV behilflich.

## 8 Lebenslauf

Name	Timo Christian Deml	
Geburtsdatum und Ort	22. November 1972 in Ulm	
Konfession	r.k.	
Eltern	Dieter Deml, Dipl. Ingenieur geb.: 07.07.1941 Ingrid Deml, geborene Müller, Bilanzbuchhalterin geb.: 02.10.1942	
Schulausbildung	Grundschule Ay	1979-1983
	Illertal-Gymnasium Vöhringen; Abitur	1983-1992
Studium	Humanmedizin an der LMU- München	1993 - 2000
	Ausbildung zum Rettungssanitäter	1996
Beruf	Arzt im Praktikum	08/00-01/02
	Assistenzarzt, seit	02/02
	am Klinikum Augsburg, Klinik für	
	Unfall- und Wiederherstellungschirurgie	